МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

_____Електричної інженерії та кіберфізичних систем_____
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

_____перший (бакалаврський) рівень_____
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення ефективності електроспоживання апаратним цехом ПрАТ «Запоріжтрансформатор»_____

Виконав: студент __3___ курсу, групи__6.1411-с
спеціальності _____141 Електроенергетика,_____
електротехніка та електромеханіка_____
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми _Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка_____
(назва освітньої програми)
_____Кукса К. С. _____
(ініціали та прізвище)

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

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М._____
Кафедра____електричної інженерії та кіберфізичних систем_____
Рівень вищої освіти____перший (бакалаврський) 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
«_11__»_____06_____2024__року

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

_____Куксі Костянтину Сергійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності електроспоживання апаратним цехом ПрАТ «Запоріжтрансформатор»_____
керівник роботи ___Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_26_»_грудня__2023__року №_2215 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____11 червня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: найбільшими споживачами електричної енергії є електродвигуни, вентиляція та освітлення. Серед обладнання цеху наявне устаткування 30-40 річного віку, що потребує модернізації або заміни, наявні значні втрати активної, а також спостерігається значне споживання реактивної енергії.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор» 2) Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор» 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.
5 Перелік графічного матеріалу _1) Аналіз електроспоживання цеху 2) Схема однолінійна 3) План розміщення обладнання цеху 4) Запропоновані засоби

підвищення ефективності електроспоживання 5) Кінематична схема 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання цеху.

6 Консультанти розділів роботи

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

7 Дата видачі завдання 01.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор»	01.03.2024	
2	Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор»	01.04.2024	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів	10.05.2024	

Студент _____ _____ К. С. Кукса
(підпис) (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 88 сторінок, 9 рисунків, 24 таблиці, 9 джерел.

Темою дипломної роботи є «Підвищення ефективності електроспоживання апаратним цехом ПрАТ «Запоріжтрансформатор»».

Об'єкт дослідження – цех підприємства ПрАТ «Запоріжтрансформатор», що використовує достатньо значну кількість енергетичних ресурсів. Предметом роботи є підвищення рівня енергоефективності вищезазначеного підприємства, визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

Метою дипломної роботи є підвищення рівня ефективності електроспоживання апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор», визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

В загальній частині розраховані втрати потужності та електроенергії, що дозволило запропонувати декілька заходів з енергозбереження: заміна недовантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності, перехід на більш ефективні джерела світла, компенсація реактивної потужності. Також запропоновано впровадження автоматизованої системи контролю та обліку енергоспоживання на основі багато тарифних лічильників.

Економічна частина містить економічний аналіз ефективності енергозберігаючих проектів. Розраховано такі показники як: чиста теперішня вартість, внутрішня норма рентабельності та термін окупності запропонованих заходів.

ЕЛЕКТРОУСТАНОВКА, ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ

ЗМІСТ

Вступ……...7
1 Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор».....10
1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження……10
1.2 Асортимент продукції та поділ за видами виробництва…….12
1.3 Огляд споживачів електроенергії підприємства……16
1.4 Аналіз електроспоживання підприємства……...18
1.4.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок ……..18
1.4.2. Динаміка споживання електроенергії……..20
1.5 Можливості енергозбереження в цеху ……..23
1.5.1. Використання енергозберігаючих електродвигунів ….....23
1.5.2. Обґрунтування доцільності застосування компенсації реактивної потужності ……....26
1.5.3 Перехід на більш ефективні джерела світла ……32
2 Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор».....46
2.1 Компенсація реактивної потужності……..46
2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах……...46
2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях……49
2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв……..52
2.2 Заміна асинхронних двигунів енергоефективними.....63
2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла……..65
3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів…….....
3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів……....72

3.1.1 Заміна асинхронних двигунів двигунами меншої потужності……72
3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла…….73
3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності…….…74
3.1.4 Економічне обґрунтування заміни освітлення в допоміжних приміщеннях ……..….81
3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів ……..……...84
Висновки…….....87
Перелік посилань……..……...88

ВСТУП

Питання економії енергетичних ресурсів на сьогоднішній день є актуальним і виникає перед кожним представником сучасного суспільства. Запасів енергоресурсів на Україні залишається все менше, а процес їх видобутку стає дуже складним і небезпечним. Використання нетрадиційної енергетики ще не знайшло широкого розповсюдження в Україні. Єдиний вихід - це економія енергоресурсів. В даний час у світовій енергетиці простежується стійка тенденція до збільшення виробництва і споживання енергії, особливо електричної. Навіть з урахуванням значних структурних змін в промисловості та переходу на енергозберігаючі технології, потреби в тепло- і електроенергії в найближчі десятиліття будуть тільки збільшуватися.

В більшості держав світу енергозбереження вважається одним з головних пріоритетів енергетичної політики, а питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у всіх без виключення секторах економіки з кожним роком стає все актуальнішим. Тому основним завданням українського уряду стає забезпечення відповідного рівня енергоефективності національної економіки як запоруки її незалежності від інших країн.

Отже, основне завдання на шляху підвищення енергоефективності української економіки полягає в тому, щоб з однієї сторони зберегти інтелектуальний і творчий потенціал нації, а з іншого боку - забезпечити ринковий попит на нього.

В процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промисловому підприємстві основною стратегічною метою є підвищення енергоефективності, отже поняття потенціалу енергозбереження підприємства можливо визначити як систему взаємопов’язаних поточних та перспективних, внутрішніх та зовнішніх можливостей, мобілізаційних здатностей керівників

та персоналу підприємства до перетворення доступних вхідних ресурсів з метою підвищення енергоефективності виробництва.

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

Основний потенціал енергозбереження – це економія енергії у процесі її споживання. Це стосується, насамперед, електричної енергії. Тому вагомим напрямком енергозбереження, для подібних об’єктів, що розглядається в дипломному проекті, є зменшення втрат в проміжних ланках обладнання, споживачах електричної енергії, а також електромережах, в яких втрати сягають 30 відсотків.

В роботі проводиться аналіз електроспоживання підприємства, на основі якого пропонуються заходи з енергозбереження. Приділена увага питанням охорони праці на виробництві.

Втілення розглянутих у роботі заходів у життя є цілком реальною перспективою, і дозволить, за попередніми оцінками, знизити щорічне споживання електричної енергії підприємством. Собівартість продукції при цьому може суттєво знизитися. У рамках реалізації політики енергозбереження ключовий напрям – удосконалення механізмів фінансування енергозберігаючих заходів, зокрема, заохочення самофінансування їх підприємствами. За відсутності реальних джерел

фінансування заходів з енергозбереження доцільно передбачити створення фондів енергозбереження на підприємствах, наповнення яких здійснювалося б на основі пільгового оподаткування приросту прибутку, отриманого в результаті енергозберігаючих заходів.

Впровадження заходів з енергозбереження несе за собою не тільки зменшення кількості спожитої підприємством електричної енергії, але і зниження собівартості вихідної продукції.

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АПАРАТНОГО ЦЕХУ ПрАТ «ЗАПОРІЖТРАНСФОРМАТОР»

1.1 Коротка характеристика об’єкта дослідження

ПрАТ «Запоріжтрансформатор» - один з лідерів світового трансформаторобудування, яке динамічно розвивається. Підприємство постачає свою продукцію в 83 країни світу.

Високі темпи зростання обсягів виробництва (рисунок 1.1) і продажів - це результат постійних змін і поліпшень, спрямованих на підвищення ефективності роботи підприємства. Бурхливий переродження компанії відбувається завдяки гнучкості в задоволенні найскладніших вимог замовників, освоєння інвестицій, модернізації існуючих бізнес-процесів і обладнання, безперервному професійному зростанню персоналу, вдосконалення корпоративної культури. На рубежі нового етапу історії заводу ПрАТ «Запоріжтрансформатор» - як і раніше одне з найвідоміших підприємств у світі, яке користується високою репутацією у замовників і партнерів. Структуру управління ПрАТ «Запоріжтрансформатор» наведено на рисунку 1.2.

На ПрАТ «Запоріжтрансформатор» сьогодні відбувається комплексне реформування всіх сфер діяльності для того, щоб відповідати зростаючим потребам ринку. На заводі ведеться масштабна робота зі збільшення власних виробничих потужностей, підвищення ефективності роботи. На ПрАТ «Запоріжтрансформатор» підготували серію проектів, які дозволять вийти на рівень виробництва не менше 60 ГВА. За рахунок заходів з оптимізації виробництва і застосування сучасних підходів до управління, за останні кілька років виробничий цикл скоротився в середньому в півтора рази, підвищилася продуктивність праці.

Крім виробництва трансформаторного устаткування, ПрАТ «Запоріжтрансформатор» освоює інноваційні види продукції, успішно поставляючи керовані шунтуючі ректори, призначені для компенсація реактивної потужності в мережах змінного струму.

МВА

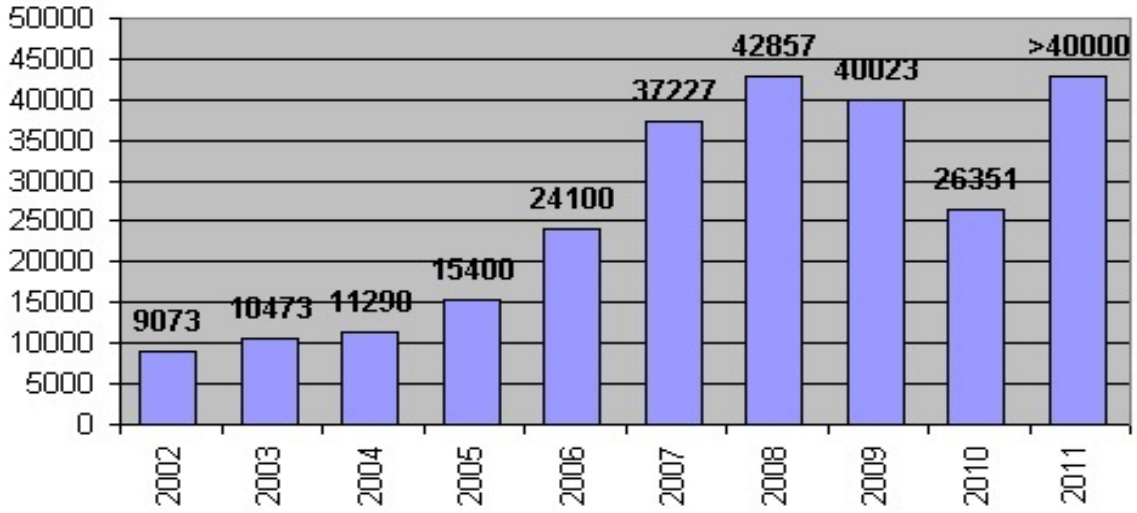


Рисунок 1.1 - Динаміка зростання виробництва



Рисунок 1.2 - Структура управління ПрАТ «Запоріжтрансформатор»

1.2 Асортимент продукції та поділ за видами виробництва

Магнітопровідне виробництво: Одне з основних вимог, що пред'являються споживачами до силових трансформаторів на сучасному етапі - якомога нижчий рівень втрат холостого ходу, призводить до необхідності постійно удосконалювати технологію виробництва магнітних систем трансформаторів і реакторів. Для виготовлення магнітних систем заводом застосовується кремниста тонколистова анізотропна електротехнічна сталь з низькими і особливо низькими питомими втратами (менше 1 Вт / кг при Р 1,7 / 50), у тому числі з лазерною обробкою. Збірка магнітних систем кістяків проводиться на спеціальних стендах-кантувачах, що забезпечують можливість виготовляти магнітні системи масою до 350 тонн.

Обмотувально-ізоляційне виробництво: обмотувальне і ізоляційне виробництво - найбільш складне і відповідальне у всіх виробників силового трансформаторного обладнання.

Намотування обмоток різних типів і конструкцій: гвинтових, безперервних, переплетених, - у тому числі з зміцненого транспонованого проводу, здійснюється на цілій гамі горизонтальних і вертикальних намотувальних верстатів, що дозволяють виконувати намотування обмоток масою від кількох кілограмів до 20 тонн з регулюванням натягу проводу.

Висока якість обмоток забезпечується застосуванням спеціальних універсальних розтискних оправок, комплексної технології з стабілізації осьових розмірів з використанням дистанціних прокладок з жорсткого електрокартону, жорсткого електрокартону циліндрів, вакуумної сушки обмоток під постійним заданим тиском, циклічним пресуванням тощо.

Ізоляційне виробництво забезпечує виготовлення всієї номенклатури ізоляційних деталей і складальних одиниць застосовуються для виробництва трансформаторів і реакторів. Наявна база сучасного технологічного обладнання дозволяє виробляти пресуючі та ємнісні кільця, рейки,

дистанційні прокладки, циліндри, кутові шайби, ярмову ізоляцію і т.п. Деталі складної конфігурації виготовляються методом «формування»: труби, коліна, муфти, фланці. Є виробництво деревинно-стружкового пластика і деталей з нього, а також паперово-бакелітових виробів.

Впровадження технологій, пов'язаних із застосуванням каліброваних за товщиною елементів обмоток і жорстких циліндрів з електроізоляційного картону, дозволяє забезпечувати стабільний осьовий розмір обмоток. Розробляється технологія виготовлення і застосування нових конструктивних елементів обмоток для створення спрямованої циркуляції масла між котушками і забезпечення поліпшених умов охолодження обмоток.

Термовакуумне виробництво: Термовакуумна обробка активних частин трансформаторів та ізоляційних компонентів здійснюється із застосуванням близько 150 одиниць обладнання, включаючи вакуум-сушильні шафи, установки дегазації масла, котли сушіння масла, фільтпресси, установки вакуумної заливки і т.д.

Застосовуваний на заводі процес сушіння ізоляції забезпечує видалення вологи з ізоляції до залишкового вмісту вологи менше 0,2%, що дає великий запас електричної міцності ізоляції. Сушка здійснюється в установках фірми "Мікафіл" (Швейцарія) за прогресивною технологією сушіння в парах нафтопродуктів. В якості теплоносія застосовується нафтопродукт європейського виробника фірми «Арал». Німеччина. Процес повністю автоматизований, температурний і вакуумний режими реєструються на діаграмах. Вимірювальні прилади дозволяють в реальному режимі часу оцінювати залишкове вологовміст ізоляції

Трансформатори заливаються сучасними високоякісними маслами, що відповідають вимогам МЕК 60296. При заливанні в трансформатори масло додатково очищається, підсушується і дегазується масло очисними установками власного виробництва та фірми "Макс" (Франція).

Складальне виробництво: Збірка трансформаторів, враховуючи індивідуальний тип їх виробництва, здійснюється на стендах, оснащених

механізованими підйомними стелажами, паячно-зварювальним устаткуванням, гідрообладнанням для пресування обмоток, комплектом вантажопідйомного і спеціального оснащення.

Вантажно-розвантажувальні роботи здійснюються за допомогою електромостових і консольних кранів вантажопідйомністю до 500 тонн.
Використання технології переміщення трансформаторів на повітряній подушці на наливних підлогах забезпечує мобільність і оперативність виконання складальних процедур.

Зварювальне виробництво: Завод має власне зварювальне виробництво з повним циклом і повністю забезпечує власні потреби в баках та інших металоконструкціях будь-якого габариту і типовиконання. Заготівельні операції з розкрою листового і профільного металопрокату виконуються газорізальними автоматами, а також газоплазморіжучими машинами з ЧПУ виробництва ESAB.

Механічна обробка деталей проводиться верстатним парком обладнання, що забезпечує виконання сверловки, нарізки різьб, токарної, фрезерної, стругальної, карусельної, штампувальної, згинальної і вальцювальної операцій. Усі зварювальні роботи виконуються напівавтоматичним дуговим зварюванням в середовищі захисного газу (вуглекислота + аргон) зварювальним устаткуванням виробництва EWM (Німеччина). Герметичність зварних швів в обов'язковому порядку піддається контролю. Точність виготовлення складальних одиниць забезпечується застосуванням різного роду обладнання, а також виконанням монтажних робіт з контролю збирання складальних одиниць одна з одною.

Забарвлення виконується високотехнологічним обладнанням безповітряного й пневматичного розпилення. Для нанесення антикорозійного захисного покриття використовуються високоякісні матеріали Європейського виробника - фірми "Novatic", Німеччина, якість яких підтверджується стандартом ISO 9001.

Випробування продукції: Завод має власну випробувальну базу, що дозволяє виконувати комплекс випробувань всієї номенклатури виробів в обсязі, передбаченому національними, міждержавними і міжнародними стандартами, а також спеціальними вимогами Замовників.

В процесі виготовлення трансформатора виробляється велика кількість випробувань і перевірок матеріалів, комплектуючих виробів, окремих деталей, вузлів і складальних одиниць. Обсяг і методи цих випробувань і перевірок встановлені діючої на заводі системою контролю якості. До повного складання окремо випробовуються обмотки, магнітні системи, в процесі складання проводяться операційні випробування, при необхідності, визначається характер розподілу імпульсних напруг між обмотками і його частинами, проводяться випробування активних частин на механічну міцність і ін.

В зібраному вигляді кожен трансформатор піддається приймально-здавальним і спеціальним випробуванням, головні і контрольні зразки піддаються приймальним, типовим та періодичним випробуванням. Одночасно проводяться вимірювання деяких параметрів, необхідних для оцінки стану трансформатора на стадії монтажу та введення в експлуатацію. Випробувальні станції та лабораторії заводу укомплектовані випробувальним і вимірювальним обладнанням та приладами, що забезпечують виконання всіх необхідних випробувань, і в т.ч. - Випробування грозовими і комутаційними імпульсами, випробування однохвилинною і тривалою напругою промислової частоти з виміром часткових розрядів, випробування на нагрівання, вимірювання рівня звуку, механічні випробування, випробування трансформаторних масел. Знаходиться в експлуатації і впроваджується сучасне дослідне та вимірювальне обладнання та прилади фірм HAEFELY TEST AG, Швейцарія, HIGHVOLT, Німеччина, OMICRON, EPRO, Австрія та ін. Відповідно до вимог контракту проводяться й інші види випробувань.

Апаратне виробництво: Апаратне виробництво включає в себе виготовлення великої номенклатури вузлів і виробів: перемикаючих пристроїв (ПП) для трансформаторів серій РНТА, РНОА, ПТР, ВТЛ, ПЛ, П6;

ручних приводів, приводів ПДП (4,5,6) для вищевказаних ПП; шаф управління трансформаторів, в тому числі з системами моніторингу; клапанів відсічних і запобіжних; дискових затворів Ду50 ... Ду200; вентиляторів для систем охолодження та іншу високотехнологічну продукцію.

Високоточне механічне виробництво деталей приводів перемикаючих пристроїв забезпечує парк сучасних верстатів з ЧПУ, близько 50 одиниць виробництва Німеччини, Чехії, Південної Кореї, Тайваню, Росії та Україні: токарно-револьверних, у тому числі з приводним інструментом, пруткових токарних автоматів, токарно-карусельних, вертикально-фрезерних, розточувальних обробних центрів, свердлильних.

Таблички трансформаторного устаткування виготовляються методом лазерного гравіювання на нержавіючій сталі, гравіюванням на латуні з подальшим нікель-хромовим покриттям або фотохімічним способом. Є також достатня кількість універсального обладнання для виконання всіх видів металообробки, в тому числі, заготівельних, гибочно-штампувальних, холодно-висадочних, шліфувальних, токарних, фрезерних та інших видів обробки.

Підприємство має виробничі потужності з виготовлення виливків з чорних і кольорових металів у кокіль, під тиском, по моделях, що виплавляються, відцентрове лиття. Є ковальська ділянка гальванічних покриттів з можливістю нанесення покриттів: цинкових і кадмієвих з хроматуванням, нікелевих, хромових, олов'яних і срібних.

1.3 Огляд споживачів електроенергії підприємства

Споживачів можна класифікувати за принципом перетворення електричної енергії в інші види, за такими групами:

1. Загальнопромисловий електропривод, де відбувається перетворення електричної енергії в механічну. Такий вид приймачів зустрічається на всіх промислових підприємствах, де для електропривода на сучасних верстатах застосовуються всі види двигунів. Потужність двигунів надзвичайно різноманітна і коливається від часток до сотень кіловат і більше.

2. Група електротехнологічних установок:

а) електротермічні - перетворення електричної енергії в теплову (до них відносяться: печі опору, індукційні печі і установки, дугові електричні печі, печі електрошлакового переплаву, установки електроннопроменевого нагріву, контактна і дугове зварювання);

б) електрохімічні - перетворення електричної енергії в хімічну (до них відносяться: установки електролізу, гальваніка, електрохімічна обробка, анодування);

в) електрофізичні - перетворення електричної енергії в різні види механічної енергії, яка використовується для обробки виробів (до них відносяться: ультразвукова обробка, магнітоімпульсна обробка, електротстатичні фільтри).

3. Освітлювальні установки (перетворення електричної енергії в світлову): лампи розжарювання, люмінесцентні, газорозрядні.

Окремим видом навантаження є установки для вентиляції виробничих приміщень. Вентиляцією називається сукупність заходів і пристроїв, що використовуються при організації повітрообміну для забезпечення заданого стану повітряного середовища в приміщеннях і на робочих місцях відповідно до СНіП (будівельними нормами і правилами). Системи вентиляції забезпечують підтримку допустимих метеорологічних параметрів в приміщеннях різного призначення.

Класифікація систем вентиляції:

При всьому різноманітті систем вентиляції, обумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видом

шкідливих виділень і т.ін., їх можна класифікувати за наступними характерними ознаками [11]:

1. За способом створення тиску для переміщення повітря:
   – з природним;
   – з штучним (механічним);
2. За призначенням:
   – приточна;
   – витяжна;
3. За зоною обслуговування:
   – місцева;
   – загальнообмінна;
4. За конструктивним виконанням:

– канальна;

– безканальна.

1.4 Аналіз електроспоживання підприємства

1.4.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор»

Основними споживачами електричної енергії цеху є технологічне та зварювальне обладнання. Вони живляться від трифазної мережі з частотою 50 Гц напругою 0,38 кВ. Також проектом передбачається загальне робоче та аварійне освітлення напругою 220 В. Структура споживачів, які споживають електроенергію представляється на рисунку 1.1 так: електроприводи - 54%, вентиляція - 12%, електротермія та електротехнології - 4%, освітлення та інші споживачі - 22%.

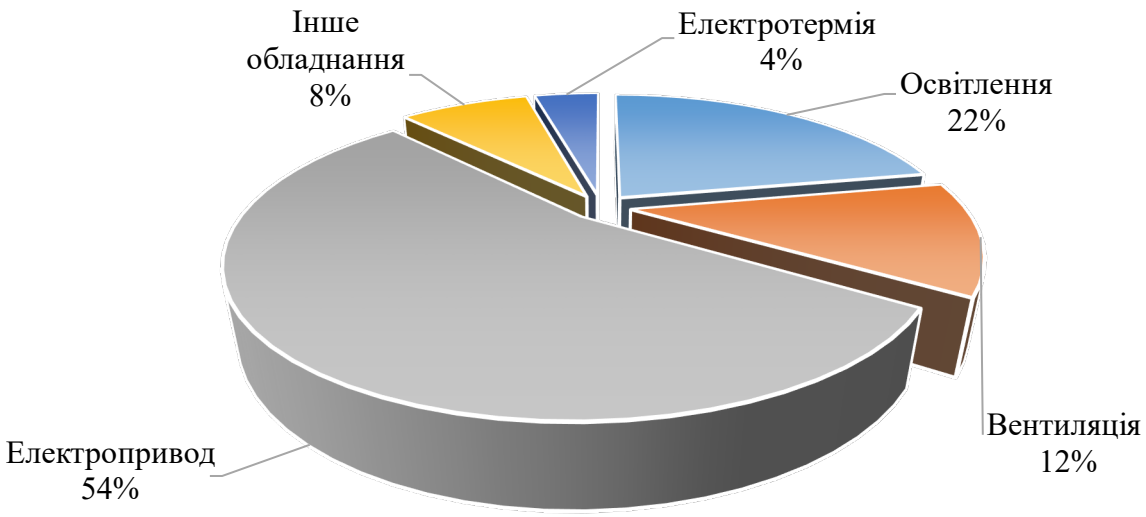


Рисунок 1.1 – Діаграма співвідношення електроенергоспоживання обладнання апаратного цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор»

Основні електроприймачі підприємства:

– технологічне обладнання (всього близько 180 шт.: станки, преси, електричні печі, компресори стисненого повітря – 4 шт.);

– зварювальне обладнання (близько 100 од., в т.ч. зварювальні випрямлячі типу ВС-600 – 9 шт., ВДУ-506У – 14шт., КИУ-501 – 8шт., ВДУЧ-350 – 3шт., ВДМ-1001 – 6шт., «КЕМРІ» - 1ШТ., ВДУ-1201 – 2шт., ВКСМ-1000 – 1шт., ВДУ-504 – 4шт., ВДУ-1202 – 2шт., обладнання для зварювання MIG/MAG ВАРИО СТАР 457/2 – 2шт.,обладнання дугового зварювання УДГУ-251 AC/DC – 1шт., УДГУ-301, газоплазморізальна машина ППлКП - 2шт);

– кран-балки;

– освітлення (освітлення у виробничих цехах – світильники з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-1000 та ДРЛ-700 – 70 шт., освітлення цехів – з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-400 (30 шт.) і ДРЛ-250 (10 шт.), освітлення периметру – з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-250 (30 шт.) і ДРЛ-125 (30 шт.); освітлення в адміністративних і побутових приміщеннях виконано світильниками з люмінесцентними лампами типу ЛБ-36 (50 шт.);

освітлення в туалетах, КНС, побутових приміщеннях – з лампами розжарювання (50) шт.);

Процентне співвідношення витрат електричної енергії на живлення споживачів ПрАТ «Запоріжтрансформатор» наведено в таблиці 1.1.

Порівнюючи діаграму фактичного розподілу споживання електричної енергії з діаграмою типового розподілу, можна зробити висновок, що саме система освітлення виступають найбільш енергоємними категоріями споживачів у даному секторі економічної діяльності.

В таблиці 1.2 наведено річне споживання енергетичних ресурсів цехом з ремонту обладнання та структуру витрат на них.

Таблиця 1.2 – Річне споживання і витрати на енергоресурси

Енергоносій	Одиниці вимірю-вання	Споживання, нат.од.	Витрати за 2023 рік, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	2030,8	3411,7	81,6
Водопостачання	$м^3$	8261,2	69,1	1,7
Природний газ	тис. $м^3$	78,1	702,7	16,8
Всього		–	4183,4	100

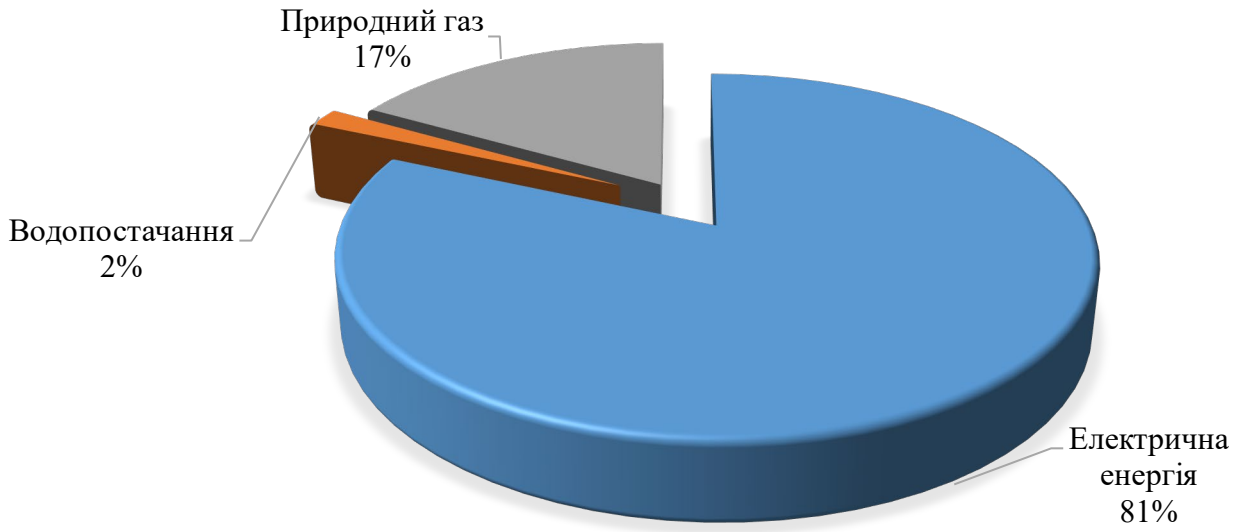


Рисунок 1.2 – Структура витрат на енергетичні ресурси

Як видно із рисунка 1.2, грошові витрати на електроенергію, спожиту цехом з ремонту обладнання, значно перевищують витрати на інші енергетичні ресурси.

З таблиці 1.1 видно, що великий відсоток споживання електроенергії припадає на електродвигуни, більшу частину яких складають асинхронні двигуни.

1.4.2. Динаміка споживання електроенергії

Динаміка споживання електроенергії у 2021-2023 р. наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Річне споживання електроенергії в 2023 р.

Місяць 2023 р.	Споживання електроенергії, млн. кВт·год	Витрати, млн. грн.
Січень	6,52	6,09
Лютий	6,38	6,10
Березень	6,12	6,93
Квітень	5,98	6,84
Травень	6,72	6,49
Червень	6,14	6,18
Липень	6,05	4,13
Серпень	6,76	4,64
Вересень	6,85	4,70
Жовтень	6,97	4,78
Листопад	6,51	4,47
Грудень	7,2	4,94
Усього	78,2	52,29

Ця електроенергія на промпідприємствах широко застосовується для приводів різних механізмів, для освітлення, для різних електротехнологічних установок, в які входять: електротермічні, електрозварювальні, установки електролізу та ін.

Дані про місячне споживання електроенергії основними споживачами та тарифи на електроенергію 2023 р.[2] представлені в таблиці 1.4 і динаміка місячного споживання електроенергії на рисунку 1.3.

Таблиця 1.4 - Динаміка споживання електроенергії в 2021-2023 р.

Роки	2021	2022	2023
Споживання електроенергії, млн. кВт·год	7,36	7,52	8,11
Витрати, млн. грн.	7,65	7,83	8,43

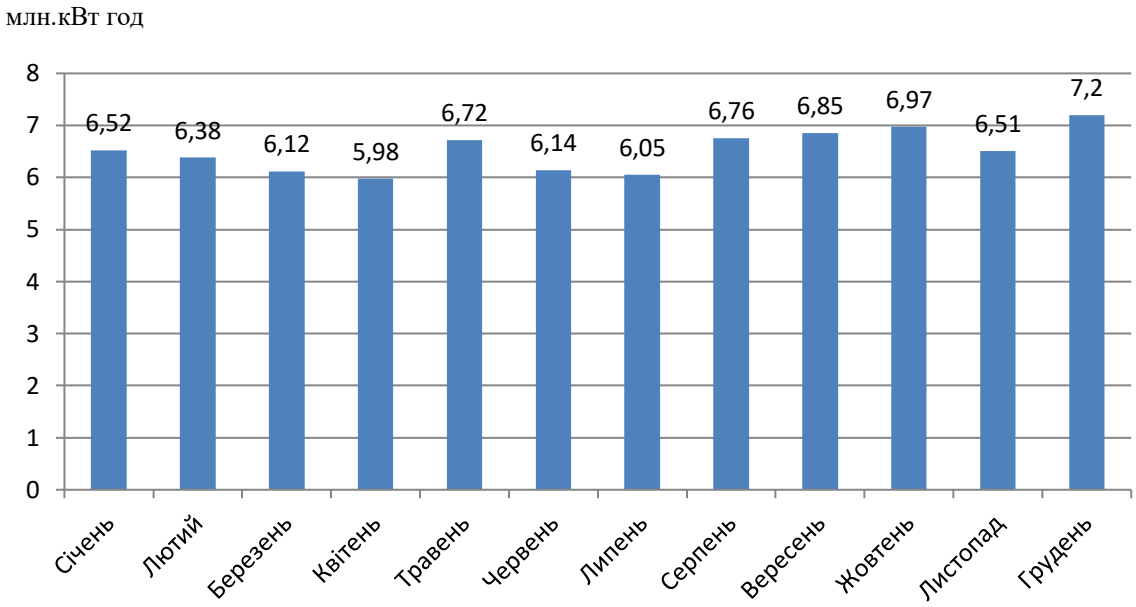


Рисунок 1.3 - Динаміка помісячного споживання електроенергії в 2023 р.

З вищенаведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії підприємством стабільно збільшується. Це пов'язано з ростом випуску товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст обсягу електроспоживання в 2023 р. у порівнянні з 2021 р. склав 10%.

1.5 Можливості енергозбереження в цеху

1.5.1 Використання енергозберігаючих електродвигунів

Оскільки двигуни широко використовуються у виробничому процесі, вони споживають значну кількість електричної енергії і можуть стати привабливим об’єктом з погляду інвестування в енергозберігаючі заходи.

Цілеспрямований і систематичний збір даних по кожному двигуну, що функціонує більш 2000 годин у рік, є початковим етапом підвищення ефективності використання двигунів на підприємстві. При обліку даних про двигуни особливу увагу слід звернути на місце розташування двигунів, призначення, частоту обертання, навантаження, паспортні дані. Відразу ж після огляду цього устаткування можна впровадити деякі заходи щодо підвищення ефективності електродвигунів на підприємстві.

Правильний вибір потужності електродвигуна дозволить скоротити споживання енергії. Найчастіше двигуни мають надмірну потужність, щоб при необхідності можна було б справитися зі значним перенавантаженням. Електродвигуни повинні працювати при навантаженні 75-90 % від їхньої паспортної потужності. До того ж електродвигуни більшої потужності коштують дорожче, ніж електродвигуни меншої потужності. Зростають також витрати, оскільки електродвигуни працюють з максимальною ефективністю при навантаженні, близьким до повного.

Одна з можливостей енергозбереження — установка електродвигунів з частотно-керованим електроприводом. Вони застосовуються у випадках, коли навантаження електродвигуна коливається, і він тривалий час працює з низьким навантаженням. Визначення графіку навантаження електродвигуна (відсоток навантаження від часу) має важливе значення при оцінці економічної ефективності: звичайно краще застосовувати частотно-

керовані електроприводи для двигунів потужністю більш 10 кВт, що працюють більш 8000 годин у рік.

Частотно-керовані електроприводи приводять споживання електроенергії у відповідність з рівнем навантаження, змінюючи частоту обертання електродвигуна. Застосування частотно-керованих електроприводів ефективне для вентиляторів, насосів і устаткування, частота обертання якого не є критичною. Електроприводи даного типу можуть сприяти підвищенню якості продукції, за рахунок контролю і зниження вартості технічного обслуговування.

Натяжка і регулювання пасових передач також підвищує енергоефективність. Необхідно систематично здійснювати контроль стану пасових передач. Ослаблення ременів і розрегулювання ремінних приводів приводять до збільшення витрат на тертя. Це викликає додаткове споживання електричної енергії і скорочує термін служби ремінного приводу. Ремінні приводи мають низьку вартість, але для ефективного функціонування існує постійна необхідність у їхньому технічному обслуговуванні. Навчання персоналу, відповідального за керування системами електродвигунів, допоможе підвищити рівень технічного обслуговування.

Заміна стандартних клинчастих ременів високоефективними ременями підвищить загальну ефективність електропроводу при більш низьких витратах у порівнянні з вартістю нового двигуна з більш високим ККД. Клинчасті ремені з зубцями і синхронні ремені більш ефективні, ніж стандартні клинчасті. Високоефективні електродвигуни (з підвищеним коефіцієнтом корисної дії) також можуть скоротити витрати на енергоресурси. КПД електродвигунів визначається як відсоток електричної енергії, перетвореної в механічну енергію.

Виходячи з діючих сьогодні тарифів на електричну енергію і щодо високих капітальних витрат, необхідних для модернізації електродвигунів, заміна функціонуючих двигунів новими (більш ефективними) в більшості

випадків не має сенсу. Однак періодично на підприємствах електродвигуни все-таки приходиться заміняти (до 10% на рік). Придбання високоефективних електродвигунів для заміни старих може мати високу економічну ефективність.

Часто економічно доцільною є заміна двигуна на двигуни з великим ККД, якщо ККД приводу не можна змінити в іншому місці. Коефіцієнт потужності показує, наскільки ефективно пристрій перетворить вхідну напругу і струм у корисну електричну потужність.

Звітність за пророблену роботу у напрямі впровадження енергозберігаючих заходів. Кожен звітній період управління головного енергетика, повинне складати відомості про виконані на підприємстві енергозберігаючі заходи. Необхідність такої звітності полягає в можливості оцінки ефективності проведених заходів задля планування втілення подібних, у суміжних виробництвах.

При проведенні поетапного втілення проекту з енергозбереження на певному підприємстві також потрібне складання таких відомостей, які являють собою частину проекту, бо містять інформацію про отриману економію в фінансовому та енергетичному еквівалентах.

Ефективна енергетична політика підприємства, безумовно, є запорукою прибуткового виробництва.

Шляхом підвищення економічності масового нерегульованого електроприводу розрахованого на незмінні, розрахункові режими роботи є перехід на енергозберігаючі електродвигуни, в яких за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза та міді) підвищено номінальні значення ККД. Електродвигуни з підвищеним ККД забезпечують зменшення витрат на електроенергію за рахунок скорочення втрат в електродвигуні.

Загальні удосконалення асинхронних електродвигунів з підвищеним ККД полягають в:

- подовженні сердечника, що збирається з окремих пластин із більш якісної електротехнічної сталі з малими втратами. Такі сердечники зменшують магнітну індукцію і, відповідно, втрати в сталі;

- зменшенні втрат в міді за рахунок максимального використання пазів і використання провідників збільшеного поперечного розрізу в статорі та роторі;

- електродвигун з підвищеним ККД виділяє при роботі менше тепла, що дозволяє зменшити потужність та розміри охолоджуючого вентилятора, що в свою чергу приводить до зменшення вентиляторних втрат и, відповідно, до зменшення загальних втрат потужності.

Якщо термін роботи електродвигуна у режимі незмінного, номінального навантаження високий, то електродвигуни при вищевказаних умовах будуть забезпечувати самі низькі експлуатаційні витрати. Однак доцільність створення та використання енергозберігаючих двигунів має оцінюватися із всебічним врахуванням додаткових затрат на їх монтаж та обслуговування.

Економія електроенергії при використанні енергозберігаючих електродвигунів складає приблизно 3-8% від загального споживання.

1.5.2 Обґрунтування доцільності застосування компенсації реактивної потужності

Більшість споживачів електроенергії становлять електричні машини (двигуни, генератори, трансформатори), в яких протікає реактивний струм, що індукує реактивну е.р.с., яка обумовлює створення фазового зсуву між напругою і струмом. Підключене навантаження не тільки споживає активну енергію(віддає при роботі генератора) з мережі, а також реактивну енергію, що приводить до збільшення повної потужності в середньому на 20-25% по

відношенню до активної. При незначному завантаженні електричної машини (холостий хід) зсув фаз між наругою і струмом, як правило, збільшується, а *cosφ* зменшується в середньому 0,2-0,4. Якщо не використовувати компенсацію реактивної потужності, значно збільшиться споживаний струм при тій ж споживаній потужності.

Як правило, основним засобом компенсації реактивної потужності в електричних мережах промислових підприємств є конденсаторні установки. Це пояснюється їхніми значними перевагами у порівнянні з іншими засобами компенсації, а саме:

- малими, практично постійними в зоні номінальної температури довколишнього середовища, втратами активної енергії, що не перевищують 0,4% чи 0,004 кВт/кВАр КУ (для порівняння: в синхронних компенсаторах це значення досягає 10% номінальної потужності компенсатора, а в синхронних двигунах, що працюють в режимі перезбудження - 7%);
- відсутністю частин, що обертаються;
- порівняно незначними капітальними вкладеннями;
- можливістю підбору будь-якої необхідної потужності конденсаторів;
- встановлення їх у будь-яких точках мережі;
- відсутністю шуму під час їхньої роботи;
- простота монтажу и експлуатації.

За допомогою КУ можливі наступні види компенсації:

1. Індивідуальна (не є регульованою) - КУ розташовуються безпосередньо у електроприймачів і комутуються одночасно з ними. При індивідуальній компенсації від реактивного навантаження розвантажуються не тільки мережі вищої напруги, а й цехові розподільчі мережі. Вона є найкращою при компенсації окремих електроспоживачів, що працюють у тривалому режимі. Недоліки даного виду КРП - залежність часу підключення КУ від часу підключення електроприймачів і необхідність узгодження ємності КУ з індуктивністю електроприймача, реактивне навантаження якого компенсує КБ, для запобігання виникнення резонансних явищ або

застосування спеціальних схем підключення (перемикання з "зірки" на "трикутник", яке передбачає паралельне підключення до обмоток двигуна трьох однофазних конденсаторів).

2. Групова (також не є регульованою). Застосовується при КРП кількох індуктивних навантажень, що приєднані. КУ встановлюються в цехах і приєднуються до розподільних пунктів чи шин 0,38 кВт. Від реактивної потужності розвантажуються трансформатори на підстанції та мережі 0,38 кВ, що живлять. Недоліки - окрема комутація КУ і неповне розвантаження розподільних мереж підприємства від реактивної потужності (не розвантаженими залишаються розподільчі мережі до окремих споживачів).

3. Централізована (як правило, є регульованою). Застосовується в системах з великою кількістю споживачів, що мають великий розкид коефіцієнту потужності протягом доби, тобто для змінного навантаження. Централізована компенсація може здійснюватись на боці вищої напруги, коли КУ приєднується до шин 6-10 кВ головної знижувальної підстанції (ГЗП) або на боці нижчої напруги. Перший варіант забезпечує гарне використання конденсаторів: їх треба менше та вартість одного квар нижче, ніж при інших варіантах. Проте при компенсації за цією схемою від реактивної потужності розвантажуються тільки розташовані вище ланки розподільної мережі. Розподільні мережі 6 – 10 та 0,38 кВ при цьому не розвантажуються, отже втрати енергії в них не зменшуються, і потужності трансформаторів 6 – 10/0,38 кВ не можуть бути зменшені.

При централізованій компенсації на боці нижчої напруги, коли КУ приєднується до шин 0,38 кВ трансформаторної підстанції 6 – 10/0,38, від реактивної потужності розвантажуються не тільки мережі 6 – 10 кВ, що живлять, а й трансформатори на підстанції. Не розвантаженими лишаються лише внутрішньоцехові розподільні мережі напругою 0,38 кВ. Регулювання потужності КУ може здійснюватись в функції реактивного струму навантаження, але для цього КУ повинна бути обладнана спеціальним

автоматичним регулятором, а її повна компенсаційна потужність розділена на ступені, що окремо комутуються.

Таблиця 1.5 - Добовий графік споживання активної потужності ділянкою цеху за 12.12.2023р.

Години	Потужність, кВт
00:00-01:00	28
01:00-02:00	28
02:00-03:00	28
03:00-04:00	28
04:00-05:00	28
05:00-06:00	28
06:00-07:00	28
07:00-08:00	64
08:00-09:00	104
09:00-10:00	130
10:00-11:00	142
11:00-12:00	136
12:00-13:00	155
13:00-14:00	160
14:00-15:00	150
15:00-16:00	123
16:00-17:00	115
17:00-18:00	122
18:00-19:00	128
19:00-20:00	109
21:00-22:00	96
22:00-23:00	38
23:00-24:00	28

Такі комплектні КУ називаються автоматизованими. Даний тип КУ виконує КРП відповідно до фактичного споживання реактивної потужності.

Існує два способи підвищення $\cos\varphi$ без застосування та з застосуванням компенсаторів реактивної потужності.[3].

При компенсації реактивної потужності споживаний струм з мережі зменшується в залежності від *cosφ* на 30-50%. Установки засобів компенсації реактивної потужності забезпечує підтримання близького до 1 значення *cosφ,* чим спонукають зниження практично до 0 оплату за реактивну енергію, значне збільшення пропускної здатності трансформаторів, кабелів (нарощення споживаної потужності підприємства без реконструкції енергосистеми) за рахунок відсутності втрат активної потужності, які виникають при протіканні реактивного струму, а також ефективне розвантаження електромереж приводить до економії від 5-15% споживаної активної електроенергії.

Найбільш вигідний коефіцієнт потужності електроустановок визначається за умов досягнення найбільшої річної економії електроенергії в зв'язку із зниженням втрат електроенергії від реактивних навантажень електричної лінії або використання збільшеної пропускної спроможності електромережі (ліній і трансформаторів) у зв'язку з компенсацією реактивного навантаження.

До заходів, які не потребують застосування компенсуючих пристроїв, належать:

– упорядкування технологічного процесу, що створює кращий енергетичний режим роботи обладнання;

– перемикання обмоток статора асинхронних електродвигунів напругою до 1000В із трикутника на зірку, якщо їх завантаження менше 40%;

– ліквідація режиму роботи асинхронних двигунів без навантаження шляхом встановлення обмежувачів неробочого ходу, коли міжопераційний період більший за 10с;

– заміна або відключення трансформаторів, які завантажені у середньому менше ніж на 30% номінальної потужності;

– заміна незавантажених електродвигунів електродвигунами меншої потужності за умови, що при цьому зменшуються загальні витрати активної енергії в енергосистемі і електродвигунах;

– заміна асинхронних електродвигунів синхронними тієї ж потужності або застосування синхронних електродвигунів для нового електрообладнання, якщо це доцільно з техніко-економічних міркувань;

– поліпшення якості ремонту електродвигунів, при якому зберігаються їх номінальні дані (рисунок 1.4).

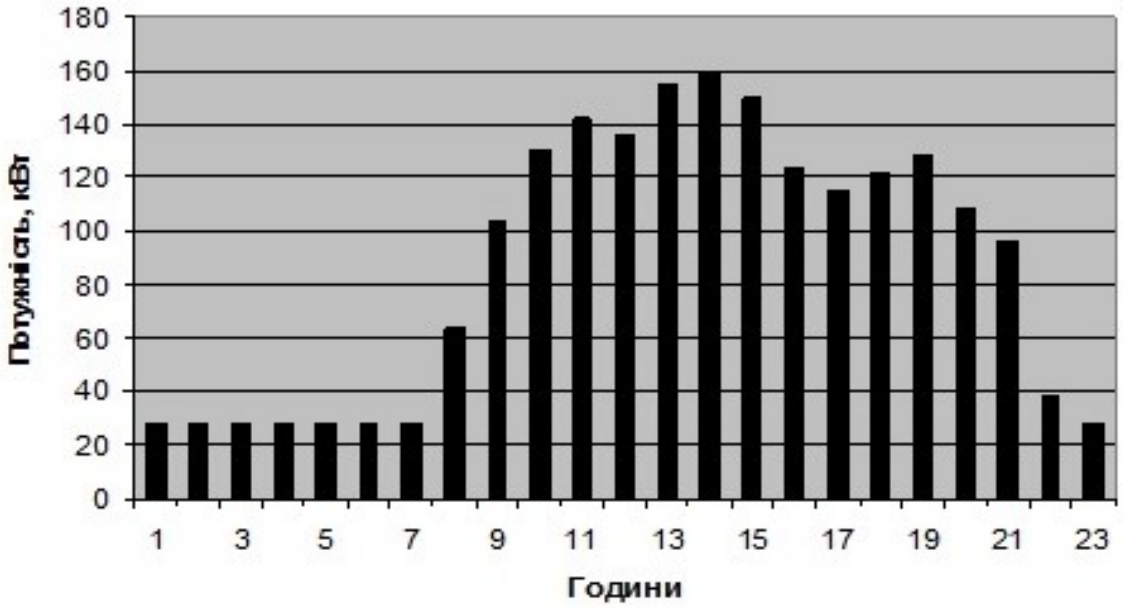


Рисунок 1.4 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2023р.

Якщо ці заходи не підвищують $\cos\varphi$ до 0,9-0,95, то застосовуються штучні компенсуючі пристрої. Найчастіше використовують статичні конденсатори, які встановлюють у розподільних щитах або на підстанціях.

Енергетичний баланс представляє собою систему взаємопов'язаних показників одержання і використання усіх видів ПЕР. Він дозволяє встановити необхідні обсяги і співвідношення виробництва і споживання різних видів ПЕР.

Баланс електроспоживання - частина паливно-енергетичного балансу, що складається на підприємстві. Він потрібен для аналізу ефективності використання електроенергії, розробки прогресивних норм витрат електроенергії по окремим

агрегатам, цехам та підприємству в цілому, для визначення змін структури електроспоживання, а також для аналізу ефективності заходів з економії електроенергії.

Електробаланс складається з прихідної та витратної частин, що визначаються по показникам лічильників.

В прихідну частину включають всю електроенергію, отриману струмоприймачами підприємства від енергосистеми, з мережі інших споживачів та від власних джерел підприємства .

Витратна частина балансу електроспоживання за звичай враховує окремо:

- прямі витрати електроенергії на основний технологічний процес,
- втрати електроенергії в елементах мережі електропостачання,
- відпуск електроенергії стороннім споживачам.

1.5.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

Енергозбереження в системах освітлення. - проект схеми освітлення, спільне використання природного та штучного освітлення, забезпечення гнучкості керування освітлювальними мережами;

Основний потенціал енергозбереження в освітлювальних установках лежить у підвищенні ефективності перетворення електричної енергію в світову. Основні фактори, що впливають на споживання енергії освітлювальної установки, при заданих нормах освітлення включають наступні:

– світлова віддача лампи (світловий вихід на один ватт електроенергії, що споживається лампою даного типу;

– зовнішній вигляд та облицювання (збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень);

– правильне використання вимикачів та регуляторів;

– ефективність світильника (коефіцієнт корисної дії освітлювальної апаратури);

– вибір схеми розміщення світильників;

– використання стартерних пускорегулювальних пристроїв при освітленні люмінесцентними лампами;

– автоматичне регулювання освітлення, централізація керування базовими освітлювальними установками;

– зниження коефіцієнту запасу при виборі освітлювальних установок;

– чистота вікон для повного використання природного освітлення;

– запиленість повітря приміщень.

Впровадження нових прогресивних джерел світла, використання світильників з високим ККД, використання конструкцій відбиваючої арматури і раціональних схем освітлення дозволяють в багатьох випадках різко підвищити ефективність електроосвітлювальних установок, збільшити освітленість робочих місць, досягнути реальної економії електроенергії.

На сьогодні електронні баласти виробляються в масово в країнах де інтенсивно впроваджуються енергозберігаючі технології та здобувають практики масового використання Високоефективні рефлектори. Використовують поверхню покриту сріблом, що має виключно високе дзеркальне відображення та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи. Високоефективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку, досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити вдвоє кількість ламп.

Основні функції світильників заключаються у тому, щоб підтримувати і захищати лампи, забезпечувати електричні підключення до джерела живлення, а також регулювання та направлення світла, що випускається лампою.

Регулятори освітлення. Мета подібних регуляторів забезпечити ефективне освітлення в потрібному місті і протягом необхідного часу. Ручними регуляторами забезпечується керування освітленням для окремих рядів систем освітлення, керування індивідуальними світильниками. Автоматичні регулятори бувають: фотоелектричні, безконтактні, регулятори з таймером.

Вплив дизайну та облицювання. Поверхні покрашені в світлий тон відбиває світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно красити, мити, або заново оклеювати з тим щоб забезпечувати економічне використання освітлення. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості.

Безконтактні регулятори. Це локальні регулятори, які реагують на присутність (ефект близькості) людей в приміщені. Визначення присутності може базуватися на використанні інфрачервоних чи високочастотних датчиків, які включають освітлення при визначені присутності людини в приміщені та знову відключають освітлення коли людина залишає приміщення.

Фотоелектричні регулятори. Фотоелектричні регулятори можуть забезпечити відключення освітлення тоді, коли природного (денного) освітлення достатньо для створення необхідного світлового потоку. Наприклад, фотоелектричний датчик може реагувати на зовнішню освітленість і може бути налаштований так, що спрацьовувати при зовнішній освітленості, що забезпечує необхідну освітленість на робочому місці. Включення електронного економного світлотехнічного пристрою в робочий режим відбувається фотодіодом в момент настання темноти, а безпосереднє включення виключення освітлення створює детектор руху в момент попадання об’єкту в поле його дії. Автоматичне управління рядами світильників. При освітлені великих приміщень де використовуються кілька рядів світильників, розміщених паралельно стіни можна відмикати окремі

ряди в залежності від зміни природного освітлення, часу доби, роботи в окремих частинах приміщення.

Регулятори з таймером. Часові регулятори використовуються в приміщення із чітким графіком роботи. Наприклад при фіксованій зміні освітлення може вимикатись при деякому запізненні після закінчення зміни. Проте в цьому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення.

В запилених і брудних виробництва спостерігається випадки зниження освітленості в 8-10 раз. Тому підтримання світильників в належній чистоті має велике значення для раціонального використання електроенергії (Таблиця .

Підтримання ефективності системи освітлення. Для підтримання ефективності системи необхідна: регулярна чистка світильників, заміна пошкоджених та застарілих ламп, полегшення доступу природного освітлення шляхом регулярного чищення вікон, підтримання чистоти (прозорості) повітря.

Практичне використання освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складає:

– забруднення стін та стелі – 19,5%;
– через забруднення світильників – 16%;
– неправильної зборки ламп і рефлектора – 4%;
– старіння ламп – 13%.

Слід відмітити, що використання ламп з раціональною освітлювальною арматурою скорочує витрати електроенергії в 1,5 рази в порівнянні з відкритими лампами.

При значній економії електроенергії люмінесцентні лампи мають свої особливості. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає біля 0,5 тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючи пристроїв – статичних конденсаторів.

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід зменшує споживання

реактивної потужності електроустановками, а тим самим зменшення втрат в енергосистемі на передачу реактивної потужності.

Коливання напруги призводить до перевитрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не повина бути більше 105% і нижче 85% номінальної напруги. Зниження напруги на 1% викликає зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 3-4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних ламп на 2,2%

Для уникнення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних установок використовуються окремі трансформатори для навантаження освітлення і компенсуючи пристрої. Використовуються також пристрої автоматичного регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

Однією з основних причин, що викликає значне коливання напруги в освітлювальній мережі промислових підприємств є пускові струми крупних електродвигунів. Значно підвищується напруга в електромережі промислових підприємств в нічний час, коли залишаються виключеними на ніч компенсуючи пристрої.

Шляхи економії електроенергії в освітлювальних установках Перехід на більш ефективні джерела світла. Підтримання графіків роботи освітлення. Раціональне керування освітленням. Вчасна чистка ламп та світильників. Регулярне чищення вікон. Підтримання номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі. Зниження напруги при можливості зниження освітлення. Контроль за справним станом освітлювальної арматури. Використання ефективної апаратури і схем живлення. Рівномірне розподілення освітлювального навантаження.

Лампи розжарювання.

Лампа розжарювання -штучне джерело світла, в якому світло випромінює тіло розжарення, нагріваюче електричним струмом до високої

температури. В якості тіла напруження найчастіше використовується спіраль з тугоплавкого металу (найчастіше - вольфраму), або вугільна нитка. Щоб виключити окислення тіла розжарення при контакті з повітрям, його поміщають у вакуумовану колбу, або колбу, заповнену інертними газами або парами галогенів. Принцип дії. У лампі розжарювання використовується ефект нагрівання провідника, зазвичай дротяного (тіла розжарювання), при протіканні через нього електричного струму (теплова дія струму). Температура тіла розжарювання підвищується після замикання електричного ланцюга. Всі тіла, температура яких вища за температуру абсолютного нуля випромінюють електромагнітне теплове випромінювання у відповідності з законом Планка. Спектральна щільність потужності випромінювання (Функція Планка) має максимум, довжина хвилі якого на шкалі довжин хвиль залежить від температури. Положення максимуму у спектрі випромінювання зрушується з підвищенням температури в бік менших довжин хвиль (закон зміщення Віна). Для отримання видимого випромінювання необхідно, щоб температура випромінюючого тіла перевищувала 570 °C (температура початку червоного свічення, видимого людським оком в темряві). Для зору людини, оптимальний, фізіологічно найзручніший, спектральний склад видимого світла відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла з температурою поверхні фотосфери Сонця 5770 K. Однак невідомі тверді речовини, здатні без руйнування витримати температуру фотосфери Сонця, тому робочі температури ниток ламп розжарювання лежать в межах 2000-2800 °C. У тілах розжарювання сучасних ламп розжарювання застосовується тугоплавкий і відносно недорогий вольфрам (температура плавлення 3410 °C), реній (температура плавлення приблизно та ж, але вище міцність при граничних температурах) і дуже рідко осмій (температура плавлення 3045 °C). Тому спектр ламп розжарювання зміщений в червону частину спектру. Тільки мала частка електромагнітного випромінювання лежить в області видимого світла, основна частка припадає на інфрачервоне випромінювання. Чим менше температура тіла розжарювання, тим менша частка енергії, що підводиться до

нагрівається дроті, перетворюється в корисну видиме випромінювання, і тим більш «червоним» здається випромінювання. Для оцінки фізіологічного якості світильників використовується поняття колірної температури. При типових для ламп розжарювання температурах 2200-2900 К випромінюється жовтуватий світ, відмінний від денного. У вечірній час світло більш комфортний для людини і менше пригнічує природну вироблення мелатонінуважливого для регуляції добових циклів організму і порушення його синтезу негативно позначається на здоров'ї.В атмосферному повітрі при високих температурах вольфрам швидко окислюється в триоксид вольфраму (утворюючи характерний білий наліт на внутрішній поверхні лампи при втраті нею герметичності). З цієї причини, вольфрамове тіло розжарення поміщають у герметичну колбу, з якої, в процесі виготовлення лампи відкачується повітря і заповнюється інертним газом - зазвичай аргоном. На зорі індустрії ламп їх виготовляли з вакууммированными колбами; в даний час тільки лампи малої потужності (для ламп загального призначення - до 25 Вт) виготовляють у вакуумовану колбі. Колби більш потужних ламп наповнюють інертним газом (азотом, аргоном або криптоном). Підвищений тиск в колбі газонаповнених ламп зменшує швидкість випаровування вольфрамової нитки. Це не тільки збільшує термін служби лампи, але і дозволяє підвищити температуру тіла розжарювання. Таким чином, світловий ККД підвищується, а спектр випромінювання наближається до білого. Внутрішня поверхня колби газонаповненої лампи повільніше темніє при розпилюванні матеріалу тіла напруження в процесі праці, як у вакуумовану лампи. Всі чисті метали і їх багато сплави (зокрема, вольфрам) мають позитивний температурний коефіцієнт опору, що означає збільшення питомої електричного опору з ростом температури. Ця особливість автоматично стабілізує споживану електричну потужність лампи на обмеженому рівні при підключенні до джерела напруги (джерела з низьким вихідним опором), що дозволяє підключати лампи безпосередньо до електричних розподільних мереж без використання обмежують струм баластних реактивних або активних

двополюсників, що економічно вигідно відрізняє їх від газорозрядних люмінесцентних ламп. Для нитки розжарювання освітлювальної лампи типово опір в холодному стані в 10 разів менше, ніж у нагрітому до робочих температур. Конструкції ламп досить різноманітні і залежать від призначення. Однак спільними є тіло розжарення, колба і токовводы. Залежно від особливостей конкретного типу лампи, можуть застосовуватися власники тіла напруження різної конструкції. Гачки-власники тіла розжарення ламп розжарювання (в тому числі ламп розжарювання загального призначення) виготовляються з молібдену. Лампи можуть виготовлятися бесцокольными або з цоколями різних типів, мати додаткову зовнішню колбу і інші додаткові конструктивні елементи.

У конструкції ламп загального призначення передбачається запобіжник -ланка з феронікелевого сплаву, вваренное в розрив одного з токовводов і розташоване поза колби лампи - як правило, у ніжці. Справа в тому, що при цьому в зоні розриву виникає електрична дуга, яка розплавляє залишки нитки, краплі розплавленого металу можуть зруйнувати скло колби і послужити причиною пожежі. Запобіжник розрахований таким чином, щоб при запалюванні дуги він руйнувався під впливом струму дуги, істотно перевищує номінальний струм лампи. Ферроникелевое ланка знаходиться в порожнині, де тиск дорівнює атмосферному, а тому дуга легко гасне. Із-за малої ефективності запобіжників в даний час відмовляються від їх[чого?] застосування.

Колба захищає тіло напруження від впливу атмосферних газів. Розміри колби визначаються швидкістю осадження матеріалу тіла розжарення.

Переваги:

– низька ціна невеликі розміри невисока чутливість до збоїв в живленні і стрибків напруги;

– миттєве запалення непомітність мерехтіння при роботі на змінному струмі (важливо на підприємствах) ;

– можливість використання регуляторів яскравості.

Спектр випромінювання: безперервний 60-ватної лампи розжарювання (вгорі) і лінійчатий 11-ватною компактної люмінесцентної лампи (внизу) приємний і звичний в побуті спектр; спектр випромінювання лампи розжарювання визначається виключно температурою робочого тіла і не залежить ні від яких інших умов, що випливає з принципу її роботи. Він не залежить від застосовуваних матеріалів і їх чистоти, стабільний в часі і має стовідсоткову передбачуваність і повторюваність. Це важливо в тому числі при великих інсталяціях і в світильниках з сотень ламп: нерідко можна побачити, коли при застосуванні сучасних люмінофорних або світлодіодних ламп вони мають різний відтінок в межах групи. Це зменшує естетичну досконалість інсталяцій. При несправності однієї лампи часто доводиться замінювати всю групу цілком, але навіть при установці ламп з однієї партії зустрічається девіація спектру високий індекс передачі кольору, Ra 100 безперервний спектр випромінювання різкі тіні (як при сонячному освітленні) завдяки малому розміру випромінюючого тіла не бояться низькою і підвищеної температури навколишнього середовища, стійкі до конденсату налагодженість у масовому виробництві можливість виготовлення ламп на саме різне напруга (від часток вольта до сотень вольт)відсутність токсичних компонентів і, як наслідок, відсутність необхідності в інфраструктурі по збору та утилізації відсутність пускорегулювальної апаратури можливість роботи на будь-якому роді струму нечутливість до полярності напруги чисто активний електричний опір (одиничний коефіцієнт потужності) відсутність гудіння при роботі на змінному струмі (через відсутність електронного баласту, драйвера або перетворювача при роботі не створює радіоперешкоди стійкість до електромагнітного імпульсунечутливість до іонізуючої радіації.

Недоліки:

- відносно малий термін служби;
- низька світлова віддача;
- різка залежність світловий віддачі і терміну служби від напруги;

– світловий коефіцієнт корисної дії ламп розжарювання, який визначається як відношення потужності променів видимого спектру до потужності, споживаної від електричної мережі,

– дуже малий і не перевищує 4 %.

Включення електролампи через діод, що часто застосовується з метою продовження ресурсу на сходових площадках, у тамбурах та інших утруднюють заміну місцях, ще більше посилює її недолік: значно зменшується ККД, а також з'являється значна мерехтіння світла лампи розжарювання є пожежну небезпеку. При зіткненні ламп з текстильними матеріалами їх колба нагрівається ще сильніше. Солома, що стосується поверхні лампи потужністю 60 Вт, спалахує приблизно через 67 хвилин при термоударі або розриві нитки під напругою можливий вибух балона кидок струму при включенні (приблизно десятикратний) нагрівання частин лампи вимагає термостійкої арматури світильників, крихкість, чутливість до удару і вібрації. Лампа розжарювання зображена на рисунку 2.5



Рисунок 1.5-Лампа розжарювання

Світлодіодна лампа.

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники в якості джерела світла використовують світлодіоди, застосовуються для побутового, промислового і вуличного освітлення. Світлодіодна лампа є одним з найбільш екологічно чистих джерел світла. Принцип світіння світлодіодів дозволяє застосовувати у виробництві та роботі самої лампи безпечні компоненти. Світлодіодні лампи не використовують речовин, що містять ртуть, тому вони не становлять

небезпеки в разі виходу з ладу чи руйнування. Розрізняють закінчені пристрої -світильники та елементи для світильників -змінні лампи.

Перевага світлодіодного світильника в порівнянні з лампами розжарювання:

– низьке енергоспоживання;

– заявлений довгий термін служби від 30'000 до 50'000 і більше годин;

– простота установки;

– більш низька температура цеху в порівнянні з лампою розжарювання;

– має порівнянну яскравість;

– висока механічна міцність, найчастіше -невеликі габарити.

Повна екологічна безпека дозволяє зберігати навколишнє середовище, не вимагаючи спеціальних умов утилізації: не містить ртуті, її похідних та інших отруйних, шкідливих або небезпечних складових матеріалів і речовин. Іноді виробники не дотримуються екологічні норми. Лампи таких виробників містять токсичні пластики, електроліти, свинець-містять пайки тощо, а також друковані плати драйвера просочують зв'язуючими компонентами(фенол та смолами формальдегідів)

Основні недоліки:

– висока ціна;

– багато світлодіодні лампи світять тільки в одному напрямку (що може бути і перевагою).

У дешевих лампах за рахунок економії на конденсаторах виникає невидиме неозброєним оком високочастотне мерехтіння (див. фото), а з-за економії на тепловідвідних елементів перегорання від перегріву, особливо в закритих плафонах. Крім того, при виході з ладу будь-якого з елементів світильник найчастіше підлягає заміні на аналогічний. Ці недоліки найчастіше компенсуються економією електроенергії, економією на обслуговування (заміну ламп)], що особливо актуально для вуличного освітлення. Для виробництва якісних ламп відповідною постановою Уряду РФ від 20 липня

2011 року № 602 "Про затвердження вимог до освітлювальних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в ланцюгах змінного струму з метою освітлення" за коефіцієнтом потужності, тобто мають у складі драйвера PFC (коректор коефіцієнта потужності), так само коректор частоти, керамічний конденсатор, який служить значно довше електролітичних, екологічні пластики, пайки без свинцю і відповідних жорстким нормам потрібні досить високі витрати. Лампи виходять дорогими. Ще одним недоліком є продаж LED-ламп без вказівки технічних характеристик (порушує ст. 10 з-на 2300-1) і не дозволяє зробити вибір і підбір ламп у відповідності з вимогами до освітлення, вимогами до коефіцієнту потужності та іншим критичним параметрами мережі.Більшість світлодіодів білого світла (синій кристал - жовтий люмінофор) мають неоднорідний спектр, а саме - великий провал в спектрі на довжині хвилі 480 нм. На світло саме цієї довжини хвилі повинен реагувати зіницю ока звуженням, але цього не відбувається і очей (кришталик, сітківку) одержує більшу травматичну дозу синього світла. Ураження сітківки ока мишей синім світлом при опроміненні їх білими світлодіодами було експериметально підтверджено М. А. Островським і П. П. Заком. Проте в даний час ряд фірм вже розробив світлодіоди, спектр світла яких адаптований для очей людини. Деякі ЗМІ публікують статті про шкідливість LED-освітлення, посилаючись на дослідження іспанських учених з Університету Комплутенсе. Це дослідження, дійсно, говорить про більшу шкідливості холодного випромінювання світлодіодів в порівнянні з іншими світловипромінюючі елементами, але мова йде про боргом і безпосередньому погляді на джерела світла - екрани усіляких пристроїв, що виключає освітлювальні прилади. Падіння яскравості з часом через вигоряння світлодіодів. Падіння яскравості також регламентується нормативними актами. Світлодіодна лампа зображена на рисунку 1.6



Рисунок 1.6-Світлодіодна лампа

Порівняльні характеристики ламп наведені в таблиці 1.6.

Таблиця1.6 -Порівняльні характеристики ламп

Характеристика	Лампа розжарювання	Світлодіодна лампа
Яскравість	Середня	Висока
Тривалість роботи, год.	1000	30000
Інфрачервоне випромінювання	Дуже високе	Відсутнє
Ультрафіолетове випромінювання	Середнє	Відсутнє
Світлова віддача, Лм/Вт	7-17	50-80
Вартість	Низька	Висока
Споживання енергії, Вт/год.	≥25	7-21

Для робочих приміщень ВРП застосовані світильники з лампами розжарювання. За період експлуатації було виявлено їх головні недоліки- це низька світловіддача та маленький термін служби ламп (1000),тому було обрано світлодіодні лампи з більш високими технічними характеристиками

Для аналізу системи освітлення підприємства необхідна наступна інформація (рисунок 1.7 та таблиця 1.8):

- тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 1.8 – Характеристика ламп ДРЛ - 400

Тип лампи	Напруга, В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Цоколь	Термін експлуатації, годин
ДРЛ-400	220	19000	292	122	Р40	10000

- кількість ламп – 48 штук.
- потужність лампи – 400 Вт.
- тип світильника – РСП05-400/ГО3.

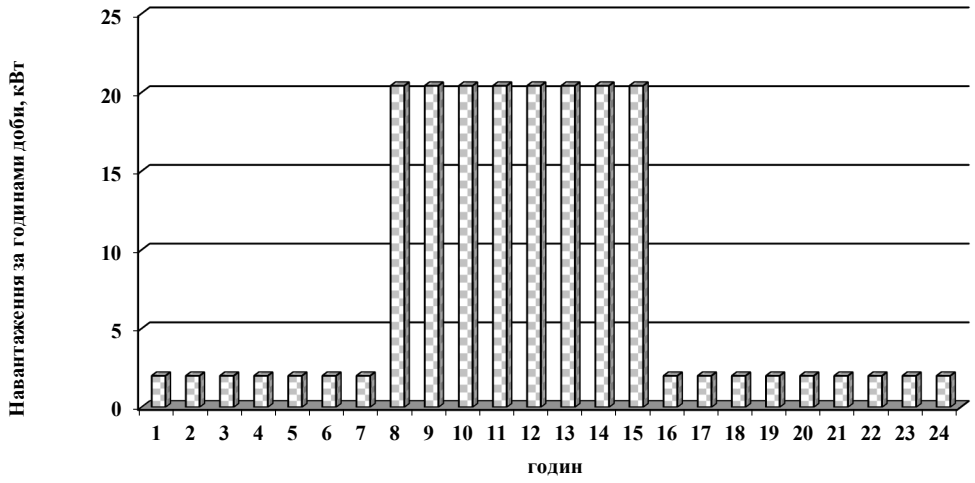


Рисунок 1.7 - Добовий графік навантаження освітлювальних установок

Оскільки, на забезпечення освітлення ділянок підприємства витрачається близько 21% від витрат останнього на електроенергію, то зниження енергоспоживання в даному напрямку є актуальним.

2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ АПАРАТНОГО ЦЕХУ ПрАТ«ЗАПОРІЖТРАНСФОРМАТОР»

2.1 Компенсація реактивної потужності

2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах

Електропостачання цеху підприємства забезпечується двома трансформаторами ТДН-2500/6-У1, 2500кВА, 6/0,4кВ. Наведемо в таблиці 2.1 кількість і потужність трансформаторів КТП, від яких живиться цех і дільниці підприємства.

Таблиця 2.1 – Характеристика трансформаторів

N КТП	Найменування ділянки	Кількість та потужність, $S_{ном}$, кВА
КТП 1	Загальноцехова	2×2500
КТП 2	Ділянка металорізання	2×630

Проведемо розрахунок втрат потужності і енергії в трансформаторах виходячи з даних, наведених в таблиці 2.2.

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

$$\Delta W_{тр}=n\cdot\Delta P_x\cdot T_п+\frac{1}{n}\cdot k^2_{з.т}\cdot\Delta P_{кз}\cdot T_{роб}\ , \qquad (2.1)$$

де ΔP_x, $\Delta P_{кз}$ - втрати холостого ходу і короткого замикання трансформаторів, кВт;

n - кількість трансформаторів;

$k_{\text{з.т.}}$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

$T_{\text{п}}$ - річний час включення трансформаторів, годин;

$T_{\text{роб}}$ - річний час роботи трансформаторів під навантаженням, годин.

Таблиця 2.2 – Паспортні дані трансформаторів

Тип трансформатора	Номінальна потужність, кВ·А	$U_{ном}$, кВ		$U_{к.з.}$,%	$I_{х.х.}$, % $I_{ном}$	Втрати, кВт	
		ВН	НН			хх	кз
ТМН-2500/6	2500	6	0,4	5,5	1,7	1,9	12,2
ТМЗ-630/0,4	630	6	0,4	5,5	1,63	1,25	7,9

Коефіцієнт завантаження трансформаторів визначаємо з формули:

$$k_{з.т} = \frac{I_{ср}}{I_н}, \tag{2.2}$$

де $I_{ср}$ - середній струм, А;

$I_н$ - номінальний струм низької сторони, А.

Знаходимо струм навантаження:

$$I_н = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{н2}}. \tag{2.3}$$

За розрахунковий період (рік) спожито:

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

Для комбінату річний час включення трансформаторів:

T_n = 8760 годин;

$T_{\text{роб}}$ = 6024годин.

Знаходимо середній струм:

$$I_{ср}=\frac{\sqrt{E_a^2+E_p^2}}{\sqrt{3}\cdot U_{н2}\cdot T_{роб}}, \quad (2.4)$$

$$I_{ср}=\frac{\sqrt{1818000^2+1363500^2}}{\sqrt{3}\cdot 0{,}4\cdot 6024}=544{,}5 \text{ А}.$$

$$k_{з.т}=\frac{544}{1443{,}37}=0{,}38.$$

Визначимо активні втрати в трансформаторі:

$$\Delta W_{тр}=2\cdot 2{,}45\cdot 8760+\frac{1}{2}\cdot 0{,}38^2\cdot 12{,}2\cdot 6024=48230 \text{ кВт·год/рік}.$$

Річні втрати реактивної електроенергії:

$$\Delta W_{\text{тр.р.}}=\Delta Q_{xx}\cdot T_n+k_{\text{з.т}}^2\cdot \Delta Q_{\text{кз}}\cdot T_p, \quad (2.5)$$

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

$$\Delta Q_{xx}=S_н\cdot\frac{I_{xx}}{100},$$

$$\Delta Q_{кз}=S_н\cdot\frac{U_{кз}}{100},$$

Тоді

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

2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях

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

$$\Delta P_л = 3 \cdot K_ф^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot l \cdot Re \cdot 10^{-3} \cdot T_р \quad (2.6)$$

$$\Delta Q_л = 3 \cdot k_ф^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot l \cdot X_е \cdot 10^{-3} \cdot T_р \quad (2.7)$$

де $R_е$ – еквівалентний активний опір лінії, Ом;

$X_е$ – еквівалентний реактивний опір лінії, Ом.

$I_{сер}$ – середнє значення струму в лінії за характерну добу, А:

$$I_{сер} = \frac{W_а}{T_р \cdot \sqrt{3} \cdot U_н \cdot \cos \varphi_{св}} \quad (2.8)$$

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

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

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

$K_ф$ – коефіцієнт форми графіка навантаження лінії:

$$K_ф = \frac{P_{ср.кв}}{P_{ср}}; \quad (2.9)$$

де $P_{ср}$ - середня потужність, $P_{сер}=\frac{P_{срΣ}}{t_{роб}}$,

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

$$P_{ср.кв}=\sqrt{\frac{\Sigma\left(P_{ср}^2\cdot\Delta t\right)}{T}} \quad (2.10)$$

Для розрахунку коефіцієнта форми таблиця 2.3 графіка навантаження лінії розглянемо добовий графік навантаження цеху за 12.12.2023р. (таблиця 2.3 та рисунок 2.1).

Таблиця 2.3 - Добовий графік споживання активної потужності цехом за 12.12.2023р.

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

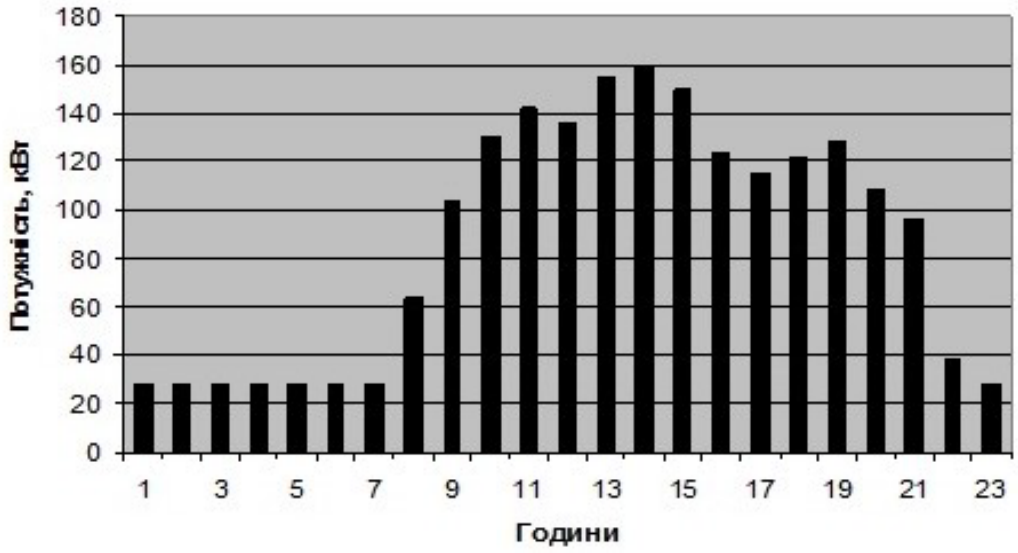


Рисунок 2.1 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2023р.

$$P_{ср}=\frac{P_{срΣ}}{t_{роб}}, \tag{2.11}$$

$$P_{ср.кв.}=98{,}11\text{кВт}. \tag{2.12}$$

Тоді

$$K_{ф}=\frac{98{,}11}{83{,}16}=1{,}1.$$

Електропостачання цеху здійснюється двома кабельними лініями (схема наведена в додатку) АВВГ 3·70+1·25 довжиною 0,05 км.

Втрати активної електроенергії в лінії АВВГ 3·70+1·25:

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

Втрати реактивної електроенергії в лінії АВВГ 3·70+1·25:

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

2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв

Вибір потужності пристроїв компенсації реактивної потужності, здійснюється виходячи з умов забезпечення балансу реактивної потужності на межі розділу енергосистема-підприємство, квар:

$$Q_{ку} = Q_{роз\Sigma} + \Delta Q_т + \sum \Delta Q_{ктп} - Q_{ед} - Q_{сд} \ , \qquad (2.13)$$

де $Q_{роз\Sigma}$ - розрахункове максимальне реактивне навантаження, яке визначене з урахуванням коефіцієнту, різночасністю максимумів потреб, квар;

$\Delta Q_т$ - втрати реактивної потужності у трансформаторах головної знижуючої підстанції ;

$Q_{ед}$ - економічно доцільна реактивна потужність, яка передається з енергосистеми, квар;

$\sum \Delta Q_{ктп}$ - сумарні втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектних трансформаторних підстанцій, квар;

$Q_{сд}$ - реактивна потужність, що генерується синхронними двигунами, квар.

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижальної підстанції, квар:

$$\Delta Q_т = n_т \left(\frac{I_х \cdot S_{ном\,т}}{100} + K_{зг}^2 \cdot \frac{U_k \cdot S_{ном\,т}}{100} \right), \qquad (2.14)$$

де $n_т$ – кількість трансформаторів, встановлених в головній понижальній підстанції, шт.;

I_x - струм холостого ходу трансформатора (паспортні данні), %;

$S_{ном\ т}$ - номінальна потужність трансформатора (паспортні данні), кВА;

$K_{зг}^2$ - коефіцієнт завантаження трансформатора (по даним заводу);

U_k - втрати короткого замикання в трансформаторі (паспортні данні),%.

Економічно доцільна реактивна потужність, яка передається з енергосистеми, квар:

$$Q_{ед}=P_{роз\,\Sigma}\cdot tg\varphi_{опт}\ , \tag{2.15}$$

де $P_{роз\,\Sigma}$ - розрахункова активна потужність на межі розділу енергосистема-підприємство, $P_{роз\,\Sigma}=K_{рм}\cdot\sum P_{роз\,i}$, кВт;

$tg\varphi_{опт}$ – коефіцієнт потужності, заданий енергосистемою.

Реактивна потужність, що генерують синхронні двигуни, квар:

$$Q_{сд}=\frac{\alpha\cdot n_{сд}\cdot P_{ном\,сд}\cdot tg\varphi}{\eta}\ , \tag{2.16}$$

де α – коефіцієнт, який визначається по номограмі [2] в залежності від коефіцієнта завантаження синхронних двигунів по активній потужності та $cos\,\varphi$;

$n_{сд}$ – кількість синхронних двигунів, шт.;

$P_{ном\,сд}$ - номінальна потужність синхронного двигуна (паспортні данні),кВт;

$tg\varphi$ - коефіцієнт потужності синхронного двигуна (паспортні дані);

η – коефіцієнт корисної дії синхронного двигуна(паспортні дані), в.о.

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижуючої підстанції, квар:

$$Q_{ктп}\approx 0{,}1\ S_{роз}, \tag{2.17}$$

де $S_{роз}$ – розрахункове повне навантаження, кВА.

У якості приклада розглянемо варіант вибору компенсуючих пристроїв для трансформаторної підстанції, схема електропостачання якої приведена на листі графічної частини.

Виходячи з принципу компенсації реактивної потужності, можливі 3 варіанти:

І варіант – компенсуючі прилади розташовані на стороні 0.4 кВ;

ІІ варіант - компенсуючі прилади розміщені на стороні 0.4 кВ та на стороні 10 кВ;

ІІІ варіант – компенсуючі прилади розташовані на стороні 10 кВ.

У варіанті вірогідно розміщення компенсуючого приладу безпосередньо приєднаного до шин РУ-0.4 кВ комплектної трансформаторної підстанції (варіант Іа) та розподілення потужності компенсуючого приладу по силовим пунктам (варіант Іб). Для визначення параметрів компенсуючих пристроїв необхідно враховувати сумарну потужність підстанції і споживання реактивної потужності зокрема. Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 2.4, 2.5 у вигляді навантажень окремих ділянок цеху ПрАТ «Запоріжтрансформатор».

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

№ З з\п	Найменування ділянки	Потужність активна, кВт	Потужність реактивна, квар	Марка та перетин КЛ, мм^2(довжина, м)
1	Заготівельна	412,3	396	ААШв 3×35(250)
2	Ливарна	618,3	390	2×ААШв 3×150(400)
3	Зварювальна	214,2	110	ААШ в 3×35(150)
4	Компресорна	245,1	175	2×ААШ в 3×35(150)
5	Випробувальна	492,1	212	2×ААШ в 3×35(150)

Розглянемо вибір сумарної потужності компенсуючих приладів з умов балансу реактивної потужності на межі балансової приналежності.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

№ з/п	№ варіанту					
	I варіант		II варіант		III варіант	
	$Q_{ку}$, квар	$\Delta W_{кг\,п}$, МВт·год	$Q_{ку}$, квар	$\Delta W_{кг\,п}$, МВт·год	$Q_{ку}$, квар	$\Delta W_{кг\,п}$, МВт·год
1	1050	63.4	500	71.7	-	91.1
2	900	68.8	600	73.5	-	94.4
3	750	37	300	49.1	-	52.6
4	800	48.1	600	51.5	-	64.3

Розрахункова активна потужність підприємства:

$$P_{роз\,\Sigma} = K_{рм\,\Sigma}\, P_{роз}; \qquad (2.18)$$

де $K_{рм\Sigma}$=0.9 – коефіцієнт різночасності максимуму;

$P_{роз}$ - розрахункове активне навантаження, кВт.

$$P_{роз\,\Sigma} = 0{,}9 \cdot 128761{,}7 = 11575{,}5 \text{ кВт}.$$

Економічно доцільну реактивну потужність з мережі визначимо по формулі, квар:

$$Q_{ед} = 11575{,}5 \cdot 0{,}3 = 3472{,}7.$$

Повна потужність підприємства визначається по відомій формулі за допомогою вище визначених величин:

$$S_{роз\Sigma} = \sqrt{P_{роз\Sigma}^2 + Q_{ед}^2}\ ; \qquad (2.19)$$

де $P_{роз\Sigma}$ - розрахункова активна потужність на межі розділу енергосистема - підприємство, кВт;

$Q_{ед}$ – економічно доцільна реактивна потужність, яка передається з енергосистеми, квар.

$$S_{роз\Sigma} = \sqrt{11575{,}5^2 + 3472{,}7^2} = 12084{,}9 \text{ кВА};$$

Реактивну потужність підприємства можна визначити:

$$Q_{роз\Sigma} = K_{рм\Sigma} \left(\sum Q_{роз} + \sum \Delta Q_{КТП} \right) , \qquad (2.20)$$

де $K_{рм\Sigma}$ - коефіцієнт різночасності максимуму;

$\sum Q_{роз}$ - сумарне розрахункове реактивне навантаження, квар.;

$\sum \Delta Q_{КТП}$ – сумарні втрати реактивної потужності трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції визначається:

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_{зг} = \frac{S_{роз\Sigma}}{2 \cdot S_{ном\ т}}\ ; \qquad (2.21)$$

де $S_{роз\Sigma}$ - повна потужність підприємства, кВА;

$S_{ном\ т}$ - номінальна потужність трансформатора з вихідних даних, кВА.

$$Q_{роз\Sigma} = 0,9(8868,8-11575,5\cdot 0,1)=9069 \text{ квар.}$$

Втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижуючої підстанції:

$$\Delta Q_m = 2\cdot\left(\frac{0.75\cdot 1000}{100}+0,604^2\cdot\frac{8\cdot 10000}{100}\right)=733,7 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність синхронного двигуна:

$$Q_{СД}=0,62\cdot 2\cdot 400\cdot 0,484 = 260,9 \text{ квар.}$$

Сумарна потужність компенсуючих приладів визначається:

$$Q_{КУ\Sigma} = 9069,6+733,7-3472,7-260,9=6053,7 \text{ квар.}$$

Для І варіанту сумарна номінальна потужність компенсуючих приладів 0.4 кВ складає 6050 квар, що приблизно відповідає сумарній потужності:

$$Q_{нкуI}=Q_{ку\Sigma} = 6050 \text{ квар.}$$

Для ІІ варіанту сумарна номінальна потужність компенсуючого приладу на стороні 0,4 кВ $Q_{нкуII}$=3200 квар. Розподілення конденсаторної батареї по комплектним трансформаторним підстанціям приведено в таблиці 2.7. Тому необхідна додатковий пристрій компенсуючого пристрою 10 кВ потужністю, яка визначається з формули:

$$Q_{вкуII}=Q_{ку\Sigma} - Q_{нку} \qquad (2.22)$$

де $Q_{ку\sum}$ - сумарна потужність компенсуючих приладів, квар;

$Q_{нку}$ - сумарна номінальна потужність компенсуючих приладів, квар.

$$Q_{вкуII}=6053,7-3200=2853,7 \text{ квар.}$$

Приймаємо дві конденсаторні батареї типу УКЛ-10,5-1350 УЗ, $Q_{вкустандII}$=2700 квар.

Для ІІІ варіанту $Q_{\text{нку}II} = 0$.

$$Q_{вку}=Q_{ку\sum}=6053,7 \text{ квар.}$$

Приймаємо дві конденсаторні батареї типу УКЛ-10.5-1800 УЗ та дві конденсаторної батареї типу УКЛ-10.5-1350 УЗ згідно [7], $Q_{вкустандIII}$=6300 квар.

Визначаємо втрати потужності в розподільній мережі, кВт:

$$\Delta P_i=n_{КЛ}\cdot 3\cdot I_{роз}^2\cdot r_0\cdot l\cdot 10^{-3}, \quad (2.23)$$

де r_0 - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/км;

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

l – довжина кабельної лінії, км;

$n_{КЛ}$ - число кабельних ліній, шт.

Розрахунковий струм в кабельній лінії визначимо за допомогою наступної формули, А:

$$I_{роз}=\frac{\sqrt{P_{роз}^2+\left(Q_{роз}-Q_{НКУ}\right)^2}}{\sqrt{3}\cdot U_c} \quad (2.24)$$

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

$Q_{расч}$ - розрахункове реактивне навантаження кабельної лінії, квар;

$Q_{НКУ}$ – сумарна номінальна потужність компенсуючих приладів, квар;

U_c - номінальна напруга кабельної лінії, кВ.

Визначення втрат потужності в КЛ-10кВ представлено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Визначення втрат потужності в КЛ-10 кВ

Найме-нуван-ня КЛ	Марка та перетин кл, мм^2	Довжина, км	r_0, $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	Варіант I		Варіант II		Варіант III	
				$I_{\text{роз}}$, А	ΔР, кВт	$I_{\text{роз}}$, А	ΔР, кВт	$I_{\text{роз}}$, А	ΔР, кВт
РУ-1	ААШВ 3х150	0.4	0.165	92.5	3.39	99.7	3.94	108.4	4.96
РУ-2	ААШВ 3х35	0.2	0.894	36.1	0.87	36.1	0.87	51.4	2.51
РУ-3	ААШВ 3х35	0.1	0.894	41.6	0.46	52.6	0.78	64.7	1.12
РУ-4	ААШВ 3х35	0.1	0.894	24.8	0.33	26.2	0.55	36.4	0.71
РУ-5	ААШВ 3х35	0.1	0.894	8.5	0.07	18.5	0.33	18.5	0.33

Для вибору компенсуючого приладу можна запропонувати наступний алгоритм:

- вибирається компенсуючий прилад на стороні 0.4 кВ за умов, забезпечення пропускної спроможності трансформатора комплектної трансформаторної підстанції за реактивною потужністю;
- визначаються втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектной трансформаторної підстанції та головної понижальної підстанції;
- визначаються економічно доцільна реактивна потужність, що передається з енергосистеми та реактивна потужність, що генерується синхронними двигунами;
- з умов балансу реактивної потужності визначається потужність $Q_{\text{вку}}$.

Слід зазначити, що вибір компенсуючих приладів пов'язаний з обліком численних факторів часто пов’язаних друг із другом та впливаючих на цільову функцію (приведені витрати). Тому процес вибору компенсуючих пристроїв доцільно формалізувати, щоб мати можливість користування обчислювальною технікою.

Втрати електроенергії в трансформаторах базового варіанту:

$$\Delta W_{ктп\ баз}=541{,}4.\ \text{МВт·год.}$$

Втрати електроенергії у кабельних лініях базового варіанту:

$$\Delta W_{КЛ10\ баз}=\Delta P\cdot T_м\ ; \qquad (2.25)$$

де ΔP - втрати потужності в кабельних лініях 10 кВ, кВт;

$T_м$ - число годин максимальних втрат, год.

$$\Delta W_{КЛ10\ баз}=12{,}74\cdot 3633\cdot 10^{-3}=46{,}3\ \text{МВт·год.}$$

Розрахункова реактивна потужність без компенсуючих приладів, квар;

$$Q_{роз.баз}=K_{рм}\cdot \sum Q_{роз}+\Delta Q_{ктп}+\Delta Q_т-Q_{сд}\ , \qquad (2.26)$$

де $K_{рм}$ – коефіцієнт навантаження за реактивною потужністю;

$\sum Q_{роз}$ - сумарне розрахункове реактивне навантаження, квар;

$\Delta Q_{ктп}$ - втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції, квар;

$\Delta Q_т$ - втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції, квар;

$Q_{сд}$ - реактивна потужність синхронних двигунів.

$$Q_{роз.баз}=0,9\cdot 8868,8+536+1831-260,9=10088 \text{ квар.}$$

Сумарна розрахункова повна потужність без компенсуючих приладів, кВА;

$$S_{роз\Sigma}=\sqrt{P^2_{расч\Sigma}+Q^2_{роз.баз}}, \quad (2.27)$$

де $P_{роз\Sigma}$ - сумарне розрахункове навантаження, кВт;

$Q_{роз.баз}$- розрахункова реактивна потужність без компенсуючих приладів.

$$S_{роз\Sigma}=\sqrt{(0,9\cdot 12861,5)^2+10088^2}=15354,5 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції, в.о.:

$$K_{зг}=\frac{S_{роз\Sigma}}{2\cdot S_{ном\ т}}, \quad (2.28)$$

де $S_{роз\Sigma}$ - сумарна розрахункова повна потужність без компенсуючих приладів, кВА;

$S_{ном\ т}$ - номінальна повна потужність трансформатора комплектної трансформаторної підстанції, кВА.

$$K_{зг}=0,77.$$

Для варіанта з компенсуючими приладами розрахункова реактивна потужність:

$$Q^I_{роз.ку}=Q_{роз.баз}-Q_{нку} \quad (2.29)$$

де $Q_{роз.баз}$ - розрахункова реактивна потужність без компенсуючих приладів,квар;

$Q_{нку}$ - номінальна потужність компенсуючих приладів, квар.

$$Q^{I}_{роз.ку}=10088-6050=4038 \text{ квар.}$$

Сумарна розрахункова повна потужність для варіанту з компенсуючими приладами розраховується:

$$S^{I}_{роз}=\sqrt{(0{,}9\cdot 12861{,}5)^2+4038^2}=12259{,}6 \text{ кВА.}$$

Коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції розраховується за формулою:

$$K^{I}_{зг}=\frac{S^{I}_{роз}}{2\cdot S_{ном\ т}}.$$

Втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту без компенсуючих приладів:

$$\Delta W_T=2\left(\Delta P_x\cdot 8760+K^2_{зг}\Delta P_к\cdot\tau_м\right)\cdot 10^{-3} \qquad (2.30)$$

де P_x - втрати холостого ходу у трансформаторі, кВт;

$K_{зг}$ - коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції, о.е.;

$\Delta P_к$ - втрати короткого замикання у трансформаторі, кВт;

$T_м$ - число годин максимальних втрат, год.

$$\Delta W_T = 2\left(12 \cdot 8760 + 0.77^2 \cdot 60 \cdot 3633\right) \cdot 10^{-3} = 468{,}7 \text{ МВт·год.}$$

2.2 Заміна асинхронних двигунів енергоефективними двигунами

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

$$\Delta P_{сум} = \left[Q_{хх} \cdot \left(1 - K_н^2\right) + K_н^2 \cdot Q_н\right] \cdot K_{і.п} + \Delta P_{хх} + K_н^2 \cdot \Delta P_{в.н.},$$

де $Q_{хх} = \sqrt{3} \cdot U_н \cdot I_{п.х.}$ реактивна потужність, яка використовується двигуном з мережі при номінальному навантаженні, квар;

$U_н$ - номінальна напругі, В;

$I_{п.х.}$ - струм електродвигуна, А;

$K_н = \frac{P_{ср}}{P_н}$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$P_{ср}, P_н$ - середнє навантаження і номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$Q_н = \frac{P_н}{\eta_н} \cdot tg\,\varphi_н$ - реактивна потужність електродвигуна при номінальному навантаженні, квар;

$\eta_н$ - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

$tg\varphi_н$ - виробнича від номінального коефіцієнта потужності електродвигуна;

$K_{і.п.}$коефіцієнт втрат, $K_{і.п.} = 0{,}1$кВт/квар;

$\Delta P_{хх} = P_н \cdot \left(1 - \eta_н\right) \cdot \gamma / \left[\eta_н \cdot \left(1 + \gamma\right)\right]$ - втрати активної потужності при неробочому ході електродвигуна, кВт;

$\Delta P_{в.н.} = P_н \cdot \left(1 - \eta_н\right) / \left[\eta_н \cdot \left(1 + \gamma\right)\right]$ - приріст втрат активної потужності в електродвигуні при 100% навантажені, кВт

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

Характеристики однотипних старих двигунів різних установок, встановлених цеху:

$P_н$=30кВт; $U_н$=380В;$\eta_н$=0,89; $cos\,\varphi$=0,9; I_{xx}=16,8А;ΔP_{xx} = 1,2кВт, тоді:

$$Q_{xx}=\sqrt{3}\cdot 380\cdot 16{,}8\cdot 10^{-3}=11{,}05\text{квар};$$

$$K_н = \frac{P_{ср}}{P_н}; \tag{2.31}$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{[(100-\eta_н)\cdot \Delta P_{xx}]}; \tag{2.32}$$

$$\Delta P_{в.н.} = P_н \cdot (1-\eta_н)/[\eta_н \cdot (1+\gamma)]. \tag{2.33}$$

Характеристики електродвигуна А2-71-6:

$$P_н = 17\text{кВт}; U_н = 380\text{В}; \eta_н = 0{,}88; \cos\varphi = 0{,}9; I_{xx} = 13{,}5\text{А}; \Delta P_{xx} = 0{,}9\text{кВт},$$

$$K_{н2} = \frac{P_{ср}}{P_{н2}} \tag{2.34}$$

$$\gamma_2 = \Delta P_{xx2}/[(100-\eta_{н2})\cdot \Delta P_{xx2}] \tag{2.35}$$

$$\Delta P_{в.н.2} = P_{н2} \cdot (1-\eta_{н2})/[\eta_{н2} \cdot (1+\gamma_2)] \tag{2.36}$$

Сумарні втрати активної потужності малозавантаженого двигуна:

$$\Delta P_{сум} = [11{,}05 \cdot (1 - 0{,}5^2) + 0{,}5^2 \cdot 15] \cdot 0{,}1 + 1{,}2 + 0{,}5^2 \cdot 3{,}3 = 5{,}16 \text{ кВт}$$

Сумарні втрати активної потужності нового двигуна:

$$\Delta P_{сум2} = [8{,}9 \cdot (1 - 0{,}88^2) + 0{,}88^2 \cdot 5] \cdot 0{,}1 + 0{,}08 + 0{,}88^2 \cdot 2{,}14 = 1{,}98 \text{кВт}.$$

Ефективність заміни малозавантаженого електродвигуна визначається одержаним зниженням втрат активної потужності в кожному двигуні:

$$\Delta P = \Delta P_{сум} - \Delta P_{сум2} \qquad (2.37)$$

Тобто, заміна малозавантажених електродвигунів на нові, дозволить додатково економити підприємству близько 0,343 млн. кВт год/рік

2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

Оскільки, на забезпечення освітлення ділянок витрачається близько 21% від витрат останнього на електроенергію, то зниження енергоспоживання в даному напрямку є актуальним.

Для аналізу системи освітлення підприємства, стан якого можна розглядати на прикладі інструментального цеху, необхідна наступна інформація (таблиця 2.7, 2.8):

- тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 2.7 – Характеристика ламп ДРЛ - 400

Тип лампи	Напруга, В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Цоколь	Термін експлуатації, годин
ДРЛ-400	220	19000	292	122	Р40	10000

Таблиця 2.8 - Характеристика світильника РСП 05-400/Г03

Тип світильника	Джерело світла		Діаметр, мм	Висота, мм	ККД
	Тип	Потужність, Вт			
РСП 05-400/Г03	ДРЛ	400	490	607	0,7

- кількість ламп – 48 штук.
- потужність лампи – 400 Вт.
- тип світильника – РСП05-400/ГО3.
- кількість світильників – 48 штук.
- характеристика поверхні приміщення – коричневий колір.
- кількість чисток на рік – одна.
- розміри приміщення Ш х Д х В = 18 х 60 х 6,5 м.
- є чергове освітлення.
- висота підвісу світильника – h = 6,5 м.

Приймаємо висоту приміщення H = 6,5 м. Виходячи із умов технології та середовища, приймаємо до установки світильник типу

Мінімальна норма освітленості згідно [6]: $E_н$ = 200 лк при висоті розрахункової поверхні над пологою h_p = 0,5 м.

Визначаємо висоту підвісу світильників:

$$h = H - h_p - h_c \ , \qquad (2.38)$$

де h_c – відстань від світильника до перекриття;

h_c = 1,0 м.

$$h = 6{,}5 - 0{,}5 - 1{,}0 = 5\text{, м.}$$

Визначимо необхідну кількість світильників для утворення рівномірної освітленості.

Площа приміщення складає $S = 60 \cdot 18 = 1080$ м^2.

Кількість рядів світильників можна визначити за формулою:

$$N_p = \frac{B}{L_a}, \tag{2.39}$$

де B – ширина цеху, яка дорівнює 18 м;

$$L_a = \lambda \cdot h \quad , \tag{2.40}$$

де $\lambda = 0{,}6$ згідно [5, ст. 106]

$$L_a = 0{,}6 \cdot 5 = 3{,}0 \text{ м.}$$

Тоді $$N_p = \frac{18}{3} = 6 \text{ (рядів).}$$

Кількість світильників в одному ряду:

$$N_{св} = \frac{A}{L_в}, \tag{2.41}$$

де $L_в = L_a$;

A – довжина цеху, яка дорівнює 60 м.

$$N_{св} = \frac{60}{3} = 20, \text{ шт.}$$

Кількість світильників в цеху:

$$N = N_{св} \cdot N_{р}. \tag{2.42}$$

$$N = 6 \cdot 20 = 120, \text{ шт.}$$

Розрахуємо освітлення за методом світлового потоку.

Індекс приміщення складає:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \tag{2.43}$$

$$i = \frac{60 \cdot 18}{5 \cdot (60 + 18)} = 2{,}77.$$

Згідно з додатка приймаємо η = 0,43.

Визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$Ф = \frac{E_{н} \cdot K_{зап} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \tag{2.44}$$

де $K_{зап}$ – коефіцієнт запасу, що дорівнює 1,5;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, Z = 1,15...1,2.

η - ККД використання світлового потоку, який являє собою

відношення світлового потоку, що падає на робочі поверхні, до загального світлового потоку світильників.

$$Ф = \frac{200 \cdot 1{,}5 \cdot 1080 \cdot 1{,}15}{120 \cdot 0{,}43} = 4240 \text{ , лм.}$$

Вибираємо світильник типу Л201Б з двома лампами ЛХБ потужністю $P_{н.о.і}$ = 80 Вт зі світловим потоком $Ф_н$ = 4440 лм (таблиця 2.9 та 2.10).

Таблиця 2.9 – Характеристика ламп ЛХБ-80

Тип лампи	Напруга мережі по лампі, В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Цоколь	Термін експлуатації, годин
ЛХБ-80	220/102	4440	1500	38	G13d/35	10000

Таблиця 2.10 – Характеристика світильників Л 201 Б

Тип світильника	Потужність, Вт	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Загальний ККД
Л 201 Б	2 х 80	1575	354	127	0,5

Встановлена потужність освітлювальних установок:

$$P_{н.о} = P_{н.о.і} \cdot N, \qquad (2.45)$$

$$P_{н.о} = 80 \cdot 120 = 9600 \text{ Вт} = 9{,}6 \text{ кВт.}$$

Максимальне навантаження освітлення:

$$P_{м.о.} = 1{,}3 \cdot P_{н.о.} \cdot K_с, \qquad (2.46)$$

де K_c - коефіцієнт попиту освітлювальних навантажень в залежності від характеру приміщення.

Згідно довідника K_c= 0,95.

$$P_{м.о.} = 1{,}3 \cdot 9{,}6 \cdot 0{,}95 = 11{,}9 \text{ кВт.}$$

За даними в цеху знаходяться дугові ртутні лампи ДРЛ-700, кількість яких складає 48 штук.

Максимальне навантаження освітлення:

$$P_{м.о.} = 1{,}12 \cdot 19{,}2 \cdot 0{,}95 = 20{,}42 \text{ кВт,}$$

Економія електроенергії в кВт год/добу визначається за формулою:

$$\Delta W = C_{ДРЛ} - C_{ЛХБ}, \qquad (2.47)$$

де $C_{ДРЛ}$ – споживання електроенергії лампами типу ДРЛ, $C_{ДРЛ} = C_1 + C_2$;

$C_{ЛХБ}$ - споживання електроенергії лампами типу ЛХБ , $C_{ЛХБ} = C_3 + C_4$;

$C_{ДРЛ}$ = 195,36 кВт год/добу, з яких $C_1 = 8 \cdot 20{,}42 = 163{,}36$ (кВт год) - приходиться на пікові години;

$C_2 = 16 \cdot 2 = 32$ (кВт год) – приходиться на нічні години.

$C_{ЛХБ}$ =127,2 кВт год/добу, з яких $C_3 = 8 \cdot 11{,}9 = 95{,}2$ кВт год - приходиться на пікові години;

$C_4 = 16 \cdot 2 = 32$ кВт год – приходиться на нічні години.

$$\Delta W = 195{,}36 - 127{,}2 = 68{,}16 \text{ кВт год/добу.}$$

Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження наведено в таблицы 2.11.

Таблиця 2.11 – Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження

№ з/п	Найменування об’єктів	K_c
1	Малі виробничі будівлі і торгові приміщення	1,0
2	Виробничі будівлі, що складаються з окремих приміщень	0,95
3	Виробничі будівлі, що складаються з окремих великих пролетів	0,95
4	Бібліотеки, адміністративні будівлі, підприємства громадського харчування	0,9
5	Учбові, дитячі, лікувальні заклади, конторські, побутові та лабор. будівлі	0,8
6	Складські приміщення, електропідстанції	0,6

Загальна економія електричної енергії, від заміни ламп підприємства складе близько 4768 кВт год/добу, або 1,74 млн. кВт год/рік.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів

3.1.1 Заміна асинхронних двигунів двигунами меншої потужності

Ефективність заміни малозавантаженого електродвигуна визначається одержаним зниженням втрат активної потужності в двигуні $\Delta P = 3{,}18 кВт$:

Економія грошових коштів при реалізації даного заходу становить:

$$E = 129 \cdot \Delta P \cdot t_{роб}, \tag{3.1}$$

$$E = 73 \cdot 3{,}18 \cdot 5200 \cdot 1{,}04 = 357689 \text{грн/рік}$$

Капітальні затрати на реалізацію даного заходу становлять 486 тис. грн – 73 двигуни за ціною 6657 грн. кожен.

Простий термін окупності становитиме, років:

$$T = \frac{K}{E} \quad . \tag{3.2}$$

Маючи формулу можна розрахувати термін окупності запропонованого заходу з енергозбереження:

$$T = \frac{486}{357{,}689} = 1{,}36 \text{ років.}$$

3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла

Визначимо економію електроенергії в гривнях при заміні люмінесцентних ламп типу ДРЛ на лампи типу ЛХБ:

$$E_{грн} = 365 \cdot (C_{ДРЛ} - C_{ЛХБ}) \cdot b, \quad (3.3)$$

де $C_{ДРЛ}$ – споживання електроенергії лампами типу ДРЛ,

$C_{ЛХБ}$ – споживання електроенергії лампами типу ЛХБ,

b – тариф на електричну енергію, 1,84 (грн./ кВт год);

Споживання електроенергії за добу визначається за формулою:

$$\Delta W = (C_{ДРЛ} - C_{ЛХБ}) \cdot 8, \quad (3.4)$$

$$\Delta W = 273 \text{ кВт год/добу.}$$

$$E_{грн} = 273 \cdot 1{,}84 = 384 \text{ (грн./добу)} = 103{,}5 \text{ тис. грн./рік.}$$

Розрахуємо витрати для заміни ламп типу ДРЛ- 400 на лампи типу ЛХБ-80.

Вирати діляться на:

- придбання 3200 ламп типу ЛХБ -80 та 1600 світильників типу Л201Б;
- доставка.

Витрати на придбання ламп типу ЛХБ потужністю 80 Вт та світильників типу Л201Б.

$$B_{ЛХБ} = Ц \cdot n, \quad (3.5)$$

де *Ц* – вартість однієї лампи зі світильником, *Ц* = 340 грн.

n – кількість ламп, яка дорівнює 320.

$$B_{ЛХБ} = Ц \cdot 320 = 108800 \text{ грн.}$$

Витрати на доставку:

$$B_д = 2000 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати знайдемо за формулою:

$$B_{сум} = B_{ДРЛ} + B_д \qquad (3.6)$$

$$B_{сум} = 108800 + 2000 = 110800 \text{ грн.}$$

Тоді простий строк окупності буде дорівнювати:

$$T_{ок} = \frac{B_{сум}}{E_{грн}} \qquad (3.7)$$

$$T_{ок} = \frac{110800}{103500} = 1{,}06 \text{ років.}$$

3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності

Термін окупності даної установки визначимо за виразом:

$$T = \frac{K}{Eкк}, \tag{3.8}$$

де K – капітальні затрати на придбання та встановлення КУ;

$Eкк$ - економія від встановлення КУ.

Сумарні зведені витрати визначаються по формулі, грн.:

$$З = E_н \cdot K_i + B_i \tag{3.9}$$

де $E_н$ =0,223 – нормативний коефіцієнт для КБ з урахуванням амортизації і обслуговування;

K_i - капітальні витрати для *i*-го варіанту, грн.;

B_i – експлуатаційні витрати від втрат електричної енергії, грн.:

$$n_i = \Delta P_{\sum} \cdot \tau_м \cdot C_w , \tag{3.10}$$

де $\Delta P_{\sum}$ - втрати потужності в розподільній мережі 0.4 кВ, визначається за лічильником;

C_w=1,86 $\frac{\text{грн}}{\text{кВт·год}}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії за даними заводу на грудень 2023 року;

$\tau_м$ - число годин максимальних втрат:

$$\tau_м = (0{,}124 + T_м)^2 \cdot 8760 \tag{3.11}$$

де $T_м$ - число використання годин максимуму, год.; 8760 – число годин у році, год.

$$\tau_м = \left(0{,}124 + \frac{5200}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 3633 \text{ год.}$$

Для варіанту І визначаємо загальні приведені витрати.

Вартість конденсаторної батареї за прейскурантом для компенсуючого приладу буде дорівнювати:

$$K_I = C_{кб} = 15{,}65 \text{ тис.грн.} \quad (3.12)$$

Експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$B_I = 13{,}06 \cdot 3633 \cdot 0{,}246 \cdot 10^{-3} = 11.67 \text{ тис.грн},$$

де $\Delta P_{\sum} = 13.06$ кВт – втрати потужності в розподільній мережі 0.4 кВ, визначається за лічильником.

Загальні приведені витрати визначаються:

$$З_I = 0{,}223 \cdot 15{,}65 + 11{,}67 = 15{,}16 \text{ тис.грн.}$$

Варіант з приєднанням компенсуючого приладу безпосередньо до шин РУ - 0,4 кВ має переваги, пов’язані із зручністю обслуговування і можливістю регулювання потужності компенсуючого приладу. Тому для усіх комплектних трансформаторних підстанцій вибираємо приєднання компенсуючого приладу до шин комплектної трансформаторної підстанції.

Таким чином, визначаємо різницю приведених витрат для варіантів ІІ та ІІІ відносно базового варіанту І:

$$\Delta З_{II} = \frac{З_{II} - З_I}{З_I} \cdot 100 \ \% \quad (3.13)$$

$$\Delta З_{III} = \frac{З_{III} - З_I}{З_I} \cdot 100\% \quad (3.14)$$

Вихідні дані для вибору потужності приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Визначення техніко-економічних показників варіантів

Найменування показника		I варіант	II варіант	III варіант
Капітальні Витрати, тис.грн	$K_{кру}$	-	33.3	66.6
	$K_{нку}$	111.6	68.4	-
	$K_{вку}$	-	24.2	44.2
	K_{Σ}	902.4	916.7	987.5
Втрати потужності, кВт	$\Delta P_{ку}$	27.2	22.8	18.9
	$\Delta P_{кл10}$	6.81	8.52	12.74
	ΔP_{Σ}	34.01	31.32	31.64
Втрати електроенергії, МВт·год	$\Delta W_{ктп}$	415.8	460.5	541.4
	$(\Delta W_{ку}+\Delta W_{кл})$	123.6	113.8	46.3
	ΔW_{Σ}	539.34	574.3	587.7
Зведені витрати, тис.грн	$З$	132.1	140.7	160.8

$$\Delta З_{II}=\frac{140,7-132,1}{132,1}\cdot 100=5,9\%$$

,

$$\Delta З_{III}=\frac{160,8-132,1}{132,1}\cdot 100=9,8\%$$

Виходячи з техніко-економічного порівняння варіантів можна зробити висновок про те, що варіант з повною компенсацією реактивної потужності на стороні 0,4 кВ та варіант з частковою компенсацією реактивної потужності на стороні 0,4 кВ є майже рівноцінними. Подальший вибір варіанту компенсації реактивної потужності пов'язаний з умовами обслуговування та

автоматичного регулювання потужності компенсуючого пристрою. Варіант І більше відповідає вище приведеним умовам, тому остаточно вибираємо І варіант.

Втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту з компенсуючими приладами розраховується за формулою:

$$\delta\Delta W_T^I = 2\left(12\cdot 8760 + 0{,}61^2\cdot 60\cdot 3633\right)\cdot 10^{-3} = 372{,}5 \text{МВт·год}$$

Економія електроенергії складає:

$$\delta\Delta W_T = \Delta W_T - \Delta W_T^I, \qquad (3.14)$$

$$\delta\Delta W_T = 468{,}7 - 372{,}5 = 96{,}7 \text{МВт·год},$$

де ΔW_T - втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту без компенсуючих пристроїв, МВт·год;

ΔW_T^I - втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту з компенсуючими пристроями, МВт·год.

Витрати на автоматизацію та обслуговування обладнання, грн.:

$$И_{а.о.} = \frac{a_1+o_1}{100} C_1 \cdot \sum Q_{НКУ} + \frac{a_2+o_2}{100} C_2 \cdot \sum Q_{ВКУ} +$$

$$+ \frac{a_3+o_3}{100} C_3 \cdot \sum S_{номі} + \frac{a_4+o_4}{100} C_4 \cdot \sum ВКУ, \qquad (3.15)$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 – відрахування на амортизацію відповідно, низьковольтних компенсуючих приладів, високовольтних компенсуючих приладів, трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції, апаратів для приєднання високовольтних компенсуючих приладів до мережі (елемент РП), %;

o_1, o_2, o_3, o_4 - відрахування на обслуговування відповідно, низьковольтних компенсуючих приладів, високовольтних компенсуючих приладів, трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції, апаратів для приєднання високовольтних компенсуючих приладів до мережі (елемент РП), %;

Вартість втрат електроенергії, грн.:

$$E_{\Delta e}=C_w\cdot(\Delta W_{ктп}+\Delta W_{КЛ10}), \quad (3.16)$$

де C_w – вартість електроенергії, грн./кВт·год;

$\Delta W_{ктп}$ - втрати електроенергії в трансформаторах, кВт;

$\Delta W_{КЛ10}$ - втрати електроенергії в кабельних лініях, кВт.

Приведені витрати для базового варіанту, тис.грн.:

$$З_{баз}=E_{а\ о}+E_{\Delta e}, \quad (3.17)$$

де $E_{а\ о}$ - витрати на автоматизацію та обслуговування обладнання, тис.грн;

$E_{\Delta e}$ - вартість втрат електроенергії.

$$З_{баз}=(6{,}4+3)/100\cdot 876{,}7+0{,}246\cdot(541{,}3+46{,}3)=461 \text{ тис.грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_г=З_{баз}-З_I \quad (3.18)$$

$$E_г=461000-333300=127{,}7 \text{ тис.грн./рік}$$

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Техніко-економічне порівняння варіантів підключення компенсуючих пристроїв

Найменування показника		I варіант	II варіант	III варіант
1		2	3	4
Капітальні витрати, тис.грн	$K_{кру}$	-	33.3	66.7
	$K_{нку}$	111.6	68.4	-
	$K_{вку}$	-	24.2	44.2
	K_{Σ}	902.4	916.7	987.5
Втрати потужності	$\Delta P_{ку}$	27.2	22.8	18.9
	$\Delta P_{кл10}$	6.81	8.52	12.74
	ΔP_{Σ}	34.01	31.32	31.64
Втрати електроенергії, МВт·год	$\Delta W_{ктп}$	415.8	460.5	541.4
	$(\Delta W_{ку}+\Delta W_{кл})$	123.6	113.8	46.3
	ΔW_{Σ}	539.34	574.3	587.7
Експлуатаційні витрати, тис.грн		132.1	140.7	160.8
Економічний ефект, тис.грн		127,70	118,40	113,60

Термін окупності:

$$T=\frac{K_{ку}}{E_{г}}; \quad (3.19)$$

T=111,6/127,7=0,87 років.

Економічна ефективність капіталовкладень:

$$E=1/T \quad (3.20)$$

E=1/0,87=1,15.

В результаті, *E* не перевищує нормативний коефіцієнт, що свідчить про доцільність впровадження проекту.

3.1.4 Економічне обгрунтування заміни освітлення в допоміжних приміщеннях цеху

Для внутрішнього робочого освітлення робочих приміщень підстанції застосовані світильники з люмінесцентними лампами і лампами розжарювання.

За період експлуатації світильників, укомплектованих лампами розжарювання, були виявлені головні їх недоліки -це низька світловіддача і маленький термін служби ламп (до 1000 годин).В даний час підприємствами України освоєно випуск інноваційних світлодіодних ламп, що володіють більш високими технічними характеристиками, до яких відноситься:

– тривалий термін служби (від 30 000 до 50 000 год безперервної роботи);

– стабільний світловий потік;

– нечутливість до температурного режиму (навколишнє середовище, де експлуатується електрообладнання);

– стійкість до відхилення напруги і до багаторазових включенням/відключенням;

Для порівняння взято лампа розжарювання типу ЛОН-100 та світлодіодна лампа типу А-12 (аналог лампи розжарювання).Характеристики ламп наведені в таблиці 3.3.

Розрахунок вартості електромонтажних робіт не вимагається, оскільки заміна ламп проводиться ремонтним персоналом підстанції

Таблиця 3.3 - Характеристики ламп

Характеристики	Лампа розжарювання типу ЛОН	Світлодіодна лампа типу А-12
Потужність, Вт	100	12
Середній термін служби, час	1000	30000
Кількість замін	8 раз на рік	1 раз на 3.5 років
Вартість, грн.	4	207
Нагрівання поверхності ,градус	120	30
Клас енергоспоживання	Е	А

Нижче наведено техніко-економічний розрахунок при впровадженні світлодіодних ламп.

Капіталовкладення на придбання світлодіодних ламп розраховуємо за формулою:

$$K = C_{\text{с.в}} \cdot N, \tag{3.21}$$

де $C_{\text{с.в}}$–ціна на світлодіодні лампи,

N–кількість встановлюючих світлодіодних ламп.

$$K = 207 \cdot 382 = 79074 \text{ грн.}$$

Споживання електроенергії лампою розжарювання за 3,5 роки складає:

$$W_{\text{лон}} = P \cdot N \cdot T, \tag{3.22}$$

де P– потужність лампи розжарювання,

N – кількість встановлених ламп розжарювання,

T – час роботи лампи за 3,5 роки.

$$W_{розж}= 0{,}1\cdot 382\cdot 15330=585606 \text{ кВт·год.}$$

Споживання електроенергії світлодіодною лампою за 3,5 роки складає:

$$W_{\text{с.д}} = 0{,}012\cdot 382\cdot 15330=70272{,}72 \text{ кВт·год.}$$

Очікувана економія після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$D = (W_{розж} - W_{\text{с.д}}) \cdot C \quad ,(3.23)$$

де *С*–ціна на електроенергію.

$$D = (585606 - 70272{,}72)\cdot 1{,}86=798766{,}584 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо термін окупності впровадженого заходу:

$$T_{ок}=\frac{K}{D} \ , \quad (3.24)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{79074}{798766{,}584} = 0{,}1 \text{ років} .$$

Ефективність від модернізації системи освітлення:

$$E=\frac{D}{K} \ , \quad (3.25)$$

$$E = 10{,}1 .$$

Як показав розрахунок витрати на придбання світлодіодних ламп на 3,5 роки вище, ніж для придбання на такий же термін ламп розжарювання. Однак,

основними перевагами світлодіодних є тривалий термін служби, знижує експлуатаційні витрати.

3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів

Капітальними інвестиціями є потреби, необхідні для здійснення проекту.

Оцінка капітальних інвестицій проводиться з урахуванням витрат на здійснення будівельних робіт, придбання устаткування, оплату монтажних робіт та інше. Сумарні капітальні інвестиції на реконструкцію та купівлю обладнання становлять 0,707 тис. грн.

Вартість основних фондів (Оф) визначена виходячи з обсягу капітальних вкладень, визначених зведеним кошторисним розрахунком вартості, з виключенням витрат, що не відносяться до поняття основних фондів.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань основні фонди розподілені за групами таким чином:

1 група – спорудження і предаточні пристрої;

3 група – робоче,силове та електроустаткування.

Річна норма амортизації основних фондів прийнята з 01.01.2010 р. на знову введені основні фонди відповідно до Закону України «Про оподаткування прибутку підприємств» у таких розмірах:

для 1 групи – 8%;

для 3 групи – 24%.

Ефективність капітальних вкладень характеризується рядом показників, що входять у систему показників економічної ефективності інвестицій:

— рентабельністю капітальних вкладень (%) - відношенням приросту прибутку до капітальних вкладень, що зумовили цей приріст;

— питомими капітальними вкладеннями;

— строком окупності капітальних вкладень (років) - часом, протягом якого проект буде працювати «на себе». При цьому весь обсяг коштів, що генеруються проектом, складається з нерозподіленого прибутку і суми амортизаційних відрахувань (тобто чистих грошових потоків), зараховується як повернення початкового інвестованого капіталу.

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T = \frac{\sum K}{\sum E},$$

де $\sum K$ – сумарні капітальні вкладення в енергозберігаючий проект;

$\sum E$ - сумарна економія, що планується, за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів з урахуванням експлуатаційних та інших витрат.

$$\sum K = 0{,}112 + 0{,}109 + 0{,}486 = 0{,}707 \text{ млн. грн.}$$

$$\sum E = 0{,}428 + 0{,}103 + 0{,}357 = 0{,}888 \text{ млн. грн.}$$

$$T = \frac{0{,}707}{0{,}888} = 0{,}8 \text{ року}$$

Ефективність капіталовкладень:

$$E = 1{,}256.$$

В результаті, E не перевищує нормативний коефіцієнт, що свідчить про доцільність впровадження проекту.

У цьому розділі проведено розрахунок економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів в системі електроспоживання цеху

ПрАТ «Запоріжтрансформатор». Для здійснення зазначених заходів необхідні капітальні інвестиції в сумі 0,707 тис. грн.

Застосування останніх дасть змогу ПрАТ «Запоріжтрансформатор» досягти наступних результатів:

1. Зменшити витрати на споживану підприємством електричну енергію за рахунок зменшення її втрат в системі електропостачання.

2. Одержати сумарний прибуток від зменшення втрат електричної енергії близько 0,888 тис. грн.

3. Зменшити витрати на споживану підприємством електричну енергію.

6. Підвищити надійність і якість енергопостачання підприємства.

Окупність капітальних вкладень у впровадження енергозберігаючих заходів в системі електропостачання складе 0,8 року. З огляду на той факт, що в Україні зростають ціни на енергоносії (на електроенергію, зокрема), можна з упевненістю прогнозувати подальшого зменшення строку окупності.

ВИСНОВКИ

В роботі дана загальна характеристика споживачів електричної енергії та електроспоживання на підприємстві ПрАТ «Запоріжтрансформатор».

Були проаналізовані можливості впровадження енергозберігаючих заходів із зниження підприємством електроспоживання задля підвищення енергоефективності підприємства в цілому. Проведений аналіз показав, що найбільший потенціал енергозбереження має електрична енергія.

1. Запропоновані енергозберігаючі заходи із зниження споживання і втрат електричної енергії дають значний економічний ефект, який станом на січень 2023 року складе близько 0,888 млн. грн/рік.

2. Найбільш енергоефективними заходами з енергозбереження на підприємстві є компенсація реактивної потужності, що дає змогу знизити витрати підприємства на електричну енергію на суму 0,428 млн. грн/рік.

3. Таким чином, запропоновані заходи з енергозбереження дали значний економічний ефект, що дозволяє знизити собівартість продукції, яка виробляється.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розенгарт, Ю.І., Якобсон, Б.І., Мурадова, З.А. (1988). Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання. Київ: Вища школа, 328 с.

2. Кацнельсон, В.Д., Шатіль, А.А., Тарасов, А.І. (1978). Випробування котлоагрегатів з потужними плоскофакельними пальниками. Київ: Електричні станції, 138 с.

3. Гольстром, В.А., Кузнєцов, Ю.Л. (1985). Довідник з економії паливно-енергетичних ресурсів. Київ: Техніка, 383 с.

4. Беренда, Н.В. (2003). Методичні вказівки до контрольної роботи "Економіка природокористування". Запоріжжя: ЗГІА, 28 с.

5. Колобов, А.Д., Осипенко, В.Д. (1979). Використання вторинних енергоресурсів чорної металургії. Київ: Техніка, 168 с.

6. Гічев, Ю.А. (2011). Джерела теплопостачання промислових підприємств. Частина І: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: НМетАУ, 52 с.

7. Гічев, Ю.А. (2012). Вторинні енергоресурси промислових підприємств. Частина І: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: НМетАУ, 57 с.

8. Програма зниження споживання природного газу в системі теплопостачання Запоріжжя [Електронний ресурс]. Отримано з http://www.myshared.ru/slide/544857/

9. Підвищення ефективності сучасних промислових підприємств на основі інформаційних систем оперативного управління виробництвом (MES) [Електронний ресурс]. Отримано з http://www.sitebs.ru/blogs/734.html?comments