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 споживання електричної енергії зварювального виробництва в умовах ТОВ «Імпакт»_____

Виконав: студент __4___ курсу, групи__ 6.1410-з
спеціальності _____141 Електроенергетика,_____
електротехніка та електромеханіка_____
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми _Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка_____
(назва освітньої програми)
_____Чакліді 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

_____Чакліді Кирилу Савелійовичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності споживання електричної енергії зварювального виробництва в умовах ТОВ «Імпакт»_____
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 №_2212 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____11 червня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: найбільшими споживачами електричної енергії є апарати зварювання, електродвигунне навантаження агрегатів та верстатів, освітлення та вентиляція.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Дослідження можливостей впровадження заходів з економії електроенергії ТОВ «Імпакт» 2) Реалізація заходів щодо підвищення ефективності енергоспоживання в умовах ТОВ «Імпакт» 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.
5 Перелік графічного матеріалу _1) Аналіз електроспоживання підприємства 2) Схема однолінійна 3) Схема управління емульсійними насосами 4) Компенсація реактивної потужності 5) Схема керування двигуна 6) Техніко-економічні показники впровадження заходів

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	Дослідження можливостей впровадження заходів з економії електроенергії ТОВ «Імпакт»	01.03.2024	
2	Реалізація заходів щодо підвищення ефективності енергоспоживання в умовах ТОВ «Імпакт» 3)	01.04.2024	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів	10.05.2024	

Студент _____ _____ К. С. Чакліді
(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: 79 сторінок, 15 рисунків, 16 таблиць, 12 джерел.

Темою дипломної роботи є «Підвищення ефективності споживання електричної енергії зварювального виробництва в умовах ТОВ «Імпакт».

Об'єкт дослідження - підприємство ТОВ «Імпакт», 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 ТОВ «Імпакт», визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

В загальній частині розраховані втрати потужності та електроенергії, що дозволило запропонувати декілька заходів з енергозбереження: підвищення рівня компенсації реактивної потужності; модернізація агрегату поперечного різання зі зміною схеми керування; модернізація системи освітлення з переходом на локальну.

Економічна частина містить економічний аналіз ефективності енергозберігаючих проектів.

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, ПЕРІОД ОКУПНОСТІ

ЗМІСТ

Вступ…… 7

1 Дослідження можливостей впровадження заходів з економії електроенергії ТОВ «Імпакт».....9

1.1 Коротка характеристика об’єкта дослідження……..…...9

1.2 Огляд споживачів електроенергії…… ……...10

1.3 Аналіз енергоспоживання підприємства……....12

1.3.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок …….12

1.3.2. Динаміка споживання електроенергії…….....13

1.4 Можливості енергозбереження ……..…….16

1.4.1. Застосування енергозберігаючих електродвигунів ….....17

1.4.2. Обґрунтування можливості використання компенсації реактивної потужності ……..….19

1.4.3 Перехід на більш ефективні джерела світла ……...24

2 Реалізація заходів щодо підвищення ефективності енергоспоживання в умовах ТОВ «Імпакт»…….....26

2.1 Компенсація реактивної потужності……..…26

2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах……..26

2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях……..……28

2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв……32

2.2 Заміна двигуна агрегату поперечного різання.....43

2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла……45

2.4 Модернізація вузла поперечного різання зі зміною схеми управління …….....51

2.4.1 Розрахунок потужності електроприводу вузла поперечного різання …….51

2.5. Вибір засобів вимірювання споживання електричної енергії……..…..57
3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів…….....65
3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів……..….65
3.1.1 Модернізація агрегату поперечного різання ……..65
3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла……66
3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності…….69
3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів ……..76
Висновки…….....77
Перелік посилань……..……...78

ВСТУП

Сьогодні питання економії енергоресурсів є надзвичайно актуальним і стоїть перед кожним членом сучасного суспільства. Енергоресурси в Україні поступово зменшуються, а процес їх видобутку стає все більш складним і небезпечним. Використання нетрадиційних джерел енергії в Україні поки що не набуло широкого поширення. Таким чином, основним способом є економія електроенергії. У світовій енергетиці спостерігається тенденція до збільшення виробництва та споживання енергії, особливо електроенергії. Незважаючи на значні структурні зміни в промисловості і перехід на енергозберігаючі технології, попит на тепло і електроенергію в найближчі десятиліття буде тільки зростати.

У більшості країн світу енергозбереження є одним з ключових пріоритетів енергетичної політики, і питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у всіх галузях економіки набуває все більшої актуальності. Тому одним із головних завдань Уряду України є забезпечення належного рівня енергетичної ефективності національної економіки, що є запорукою її незалежності від інших держав. Головним завданням у підвищенні енергоефективності економіки України є збереження інтелектуального та творчого потенціалу нації, а також задоволення ринкового попиту на нього.

При впровадженні енергозберігаючих заходів на промислових підприємствах стратегічною метою є підвищення енергоефективності. Таким чином, енергозберігаючий потенціал підприємства можна визначити як сукупність взаємопов'язаних поточних і перспективних, внутрішніх і зовнішніх можливостей, а також здатність керівників і персоналу підприємства ефективно використовувати наявні ресурси з метою підвищення енергетичної ефективності виробництва.

Сучасний стан економіки надає безліч можливостей для раціонального використання енергетичних ресурсів. Однак на мікрорівні впровадженню енергозберігаючих технологій приділяється недостатня увага. Процес їх впровадження на підприємствах ускладнюється нестачею фінансових ресурсів, зростанням тарифів на енергоносії, дефіцитом кваліфікованих кадрів та відсутністю мотивації у підприємств до зниження витрат на електроенергію. Таким чином, управління інноваційним розвитком систем енергозбереження та реалізація енергозберігаючих заходів можливі лише за умови створення ефективного економічного та організаційного механізму управління, який ґрунтується на використанні інноваційного енергозберігаючого потенціалу підприємства.

Основним потенціалом енергозбереження є зниження споживання енергії, особливо електричної. Важливим напрямком енергозбереження для об'єктів, що розглядаються в дипломному проекті, є зниження втрат в проміжних ланках обладнання, споживачів електроенергії та електромережах, де втрати можуть досягати до 30%. У роботі проводиться аналіз енергоспоживання підприємства, на основі якого пропонуються заходи щодо енергозбереження, приділяється увага питанням охорони праці на виробництві.

Реалізація запропонованих у роботі заходів є цілком реалістичною і, за попередніми оцінками, дозволить значно скоротити річне споживання електроенергії ТОВ «Імпакт», що сприятиме зниженню собівартості продукції. Ключовим напрямом реалізації політики енергозбереження є удосконалення механізмів фінансування енергозберігаючих заходів, зокрема, стимулювання самофінансування таких заходів підприємствами. В умовах відсутності реальних джерел фінансування енергозберігаючих заходів доцільно створення на підприємствах енергозберігаючих фондів, які б поповнювалися на основі пільгового оподаткування приросту прибутку, отриманого в результаті енергозберігаючих заходів.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТОВ «ІМПАКТ»

1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження

ТОВ «Імпакт» є імпортером, постачальником, виробником промислового обладнання.

Основна діяльність спрямована на забезпечення промислових підприємств елеваторним, верстатним і зварювальним обладнанням. Завод ЗБУД був заснований на початку 80-х років минулого століття. З самого початку свого існування стратегія управління і розвитку була спрямована на забезпечення максимальної самостійності в діях і виконанні доручень.

У процесі тридцятирічного розвитку і становлення завод втілив в життя всі існуючі європейські та світові стандарти за співвідношенням виробничого обладнання, кваліфікації співробітників і компетентності і досвіду, що відповідають призначенню машин, що випускаються.

Основним завданням розвитку бізнесу був відхід від ідеї інженерного центру, в залежності від кваліфікації та ефективності суміжних галузей, в бік спеціалізованого, максимально сконцентрованого виробництва продукції в одному місці. Результатом розробок в цьому напрямку стала постійна зайнятість 850 осіб, наявність конструкторського бюро, виробничої площі 45000 м² і 27 цехів з найсучаснішим металообробним, зварювальним і контрольно-вимірювальним обладнанням.

У складі цехового комплексу на території заводу розташовані: 6 приміщень (склади, майстерні) заготовок і комплектуючих (по 800 м2 кожне); 4 обробних цехи (в тому числі верстати і фрезерні верстати для обробки великогабаритних елементів); 10 складальних цехів – зварювальний/механічний/електричний (по 400 м^2); 7 підготовчих і

фарбувальних цехів (по 440 м^2 кожна), в тому числі 3 піскоструминних кабіни (18х4) і 5 фарбувальних камер (15х4).

Для виконання контрольної збірки, випробувань і випробувань на території заводу передбачені спеціальні майданчики з естакадами і стендами для об'єктів масою до 110 тонн. В кінці 2008р. Оргкомітет Національного бізнес-рейтингу визнав завод лідером за такими критеріями: «Обсяг реалізованої продукції», «Заробітна плата», «Продуктивність праці» у сфері «Оптова торгівля машинами та обладнанням».

1.2 Огляд споживачів електроенергії

Споживачів можна класифікувати за принципом перетворення електричної енергії в інші види, на такі групи:

1. Загальнопромисловий електропривод, де електрична енергія перетворюється в механічну. Такий тип приймачів зустрічається на всіх промислових підприємствах, де для електроприводу на сучасних машинах використовуються всі типи двигунів. Потужність моторів надзвичайно різноманітна і коливається від дробів до сотень кіловат і більше.

2. Група електроустановок:

а) електротермічні – перетворення електричної енергії в теплову (до них відносяться: печі опору, індукційні печі та установки, електродугові печі, електронно-променеві нагрівальні печі, контактне та дугове зварювання);

б) електрохімічні – перетворення електричної енергії в хімічну (до них відносяться: електролізні установки, гальванічні установки, електрохімічна обробка, анодування);

в) електрофізична – перетворення електричної енергії в різні види механічної енергії, що використовується для переробки продуктів (до них

відносяться: ультразвукова обробка, магнітно-імпульсна обробка, електрофільтри).

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

Окремим видом навантаження є установки для вентиляції виробничих приміщень. Вентиляція - це комплекс заходів і пристроїв, що використовуються при організації повітрообміну для забезпечення заданого стану повітряного середовища в приміщеннях і на робочих місцях відповідно до СНиП (будівельними нормами і правилами). Вентиляційні системи забезпечують підтримання допустимих метеорологічних параметрів у приміщеннях різного призначення.

При всьому різноманітті вентиляційних систем, обумовлених призначенням приміщення, характером технологічного процесу, видом шкідливих викидів і т. Д., Їх можна класифікувати за такими характерними ознаками [11]:

1. За способом створення тиску для руху повітря:
   – з натуральними;
   – зі штучними (механічними);
2. За призначенням:
   –Приплив;
   –Вихлопні;
3. За зоною обслуговування:
   –Місцевий;
   – загальний обмін;
4. За конструкцією:
   –Канал;
   – безканальні.

1.3 Аналіз енергоспоживання підприємства

1.3.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок

Основними споживачами електричної енергії цеху є технологічне та зварювальне обладнання. Вони живляться від трифазної мережі з частотою 50 Гц і напругою 0,38 кВ. Також проектом передбачено загальне робоче та аварійне освітлення напругою 220 В.

Структура споживачів, що споживають електроенергію, представлена на рисунку 1.1 наступним чином: електроприводи – 62%, електротранспорт – 9%, електротермічні та електротехнічні технології – 8%, споживачі освітлювальних приладів та інші – 21%.

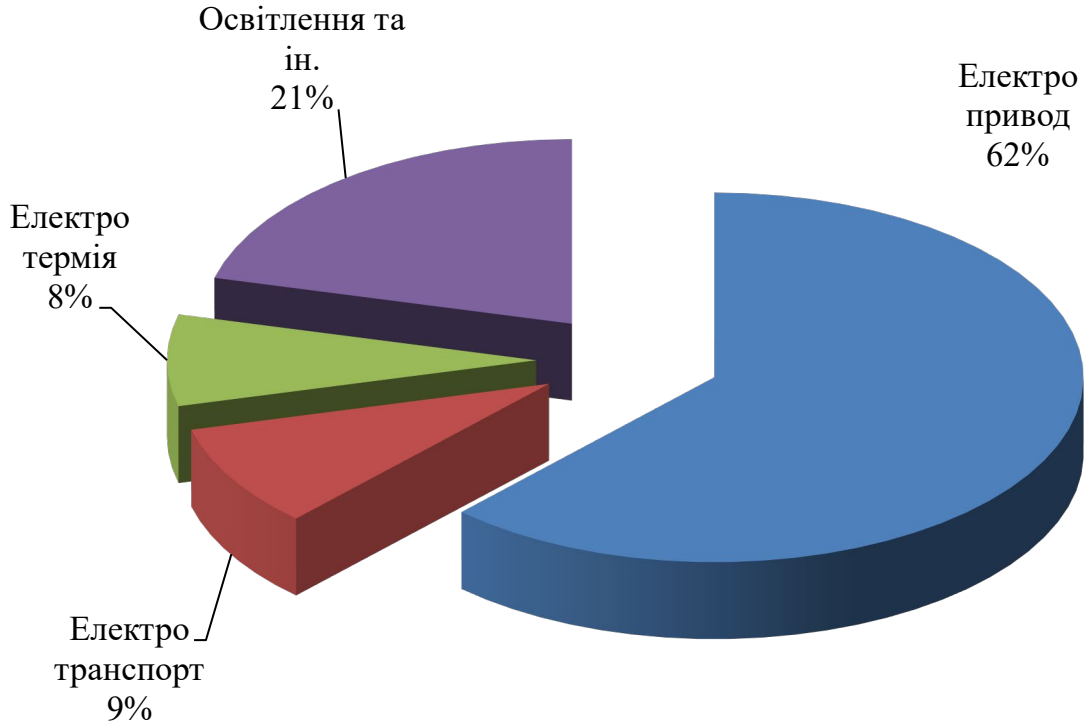


Рисунок 1.1 – Діаграма коефіцієнта енергоспоживання обладнання

Відсоток споживання електричної енергії для постачання електричної енергії споживачам ТОВ «Імпакт» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура споживачів

Заробітна плата Немає	Ім'я	Встановлена потужність	Відсоток, %
1	Сумарна встановлена потужність електрообладнання, кВт	1261	100
2	Електричні пристрої для технологічних процесів, кВт: -Електрична піч -Нагрівання та термічна обробка: - опалювальні прилади -Електрозварювання	 136 113 223	 5,6 0,74 12,27
3	Сумарна потужність електродвигунів, кВт:	871	100
	- Різання металу - електрифікований транспорт - Вентиляція та кондиціонування	410 222 239	54,4 22,26 25,83
4	Сумарна потужність освітлювальних систем:	170	100
	-Зовнішній -Внутрішні	31 139	15,96 84,039

Основні електроприймачі підприємства:

– зварювальне обладнання (близько 100 шт., в т.ч. зварювальні випрямлячі типу ВС-600 – 9 шт., ВДУ-506У – 14 шт., КІУ-501 – 8 шт., ВДУХ-350 – 3 шт., зварювальне обладнання MIG/MAG VARIO STAR 457/2 – 2 шт., апарат дугового зварювання УДГУ-251 AC/DC – 1 шт., УДГУ-301, апарат газоплазмового різання ППлКП – 2 шт.); кран-балки; З таблиці 1.1 видно, що великий відсоток споживання електроенергії припадає на електродвигуни, велика частина яких - асинхронні.

1.3.2 Динаміка споживання електроенергії

Динаміка споживання електроенергії у 2021-2023 роках представлена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Річне споживання електроенергії у 2023 році

Місяць Жовтень 2023	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
Всього	78,2	52,29

Дані щодо місячного споживання електроенергії основними споживачами та тарифів на електроенергію у 2023 році[2] представлені у таблиці 1.3, а динаміка місячного споживання електроенергії – на рисунку 1.3.

Таблиця 1.3 - Динаміка споживання електроенергії у 2021-2023 рр.

Назва	Роки		
	2021	2022	2023
Енергоспоживання млн кВт×на рік	7,36	7,52	8,11
Витрати, млн грн	7,65	7,83	8,43

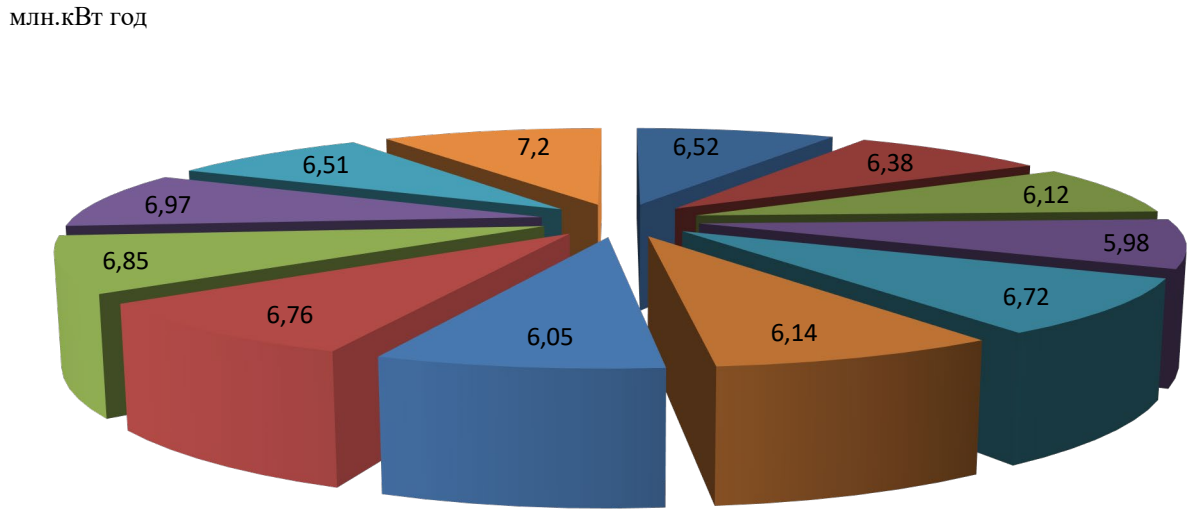


Рисунок 1.3 - Динаміка місячного споживання електроенергії у 2023 році

З наведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії компанією стабільно зростає. Це пов'язано зі зростанням обсягів виробництва товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст споживання електроенергії у 2023 році порівняно з 2021 роком склав 10%.

1.4 Можливості енергозбереження

1.4.1 Застосування енергозберігаючих електродвигунів

Оскільки двигуни широко використовуються в процесі виробництва, вони споживають значну кількість електричної енергії і можуть бути привабливим об'єктом з точки зору інвестування в енергозберігаючі заходи.

Цілеспрямований і систематичний збір даних про кожен двигун, що працює більше 2000 годин на рік, є початковим кроком у підвищенні ефективності використання двигунів на підприємстві. При обліку даних двигуна особливу увагу слід приділити розташуванню двигунів, призначенню, швидкості, навантаженню, паспортним даним. Відразу після огляду даного обладнання можна впроваджувати деякі заходи щодо підвищення ефективності електродвигунів на підприємстві.

Вибір правильної потужності електродвигуна дозволить знизити споживання енергії. Найчастіше мотори піддаються перевантаженню, тому при необхідності можна впоратися зі значним перевантаженням. Електродвигуни повинні працювати при навантаженні 75-90% від їх номінальної потужності. Крім того, електродвигуни з більшою потужністю коштують дорожче, ніж електродвигуни з меншою потужністю. Витрати також зростають, оскільки електродвигуни працюють з максимальною ефективністю при майже повному навантаженні.

Однією з можливостей енергозбереження є установка електродвигунів з електроприводом змінної частоти. Вони використовуються в тих випадках, коли навантаження електродвигуна коливається, і він тривалий час працює при невеликому навантаженні. Визначення графіка навантаження двигуна (відсоток навантаження в часі) має важливе значення при оцінці економічної ефективності: для двигунів потужністю понад 10 кВт, які працюють більше

8000 годин на рік, зазвичай краще використовувати частотно-регульовані приводи.

Приводи зі змінною частотою регулюють споживану потужність до рівня навантаження, змінюючи частоту обертання двигуна. Застосування електроприводів частотної частоти ефективно для вентиляторів, насосів і обладнання, швидкість роботи яких не критична. Ці типи електричних приводів можуть допомогти покращити якість своєї продукції, контролюючи та зменшуючи витрати на технічне обслуговування.

Натяг і регулювання ремінних передач також підвищують енергоефективність. Необхідно систематично стежити за станом ремінних передач. Ослаблені ремені та неспіввісні ремінні передачі призводять до збільшення витрат на тертя. Це призводить до додаткових енерговитрат і меншого терміну служби ремінної передачі. Ремінні передачі не дорогі, але для ефективної роботи в їхньому обслуговуванні існує постійна потреба в їх обслуговуванні. Підвищення рівня технічного обслуговування допоможе підготовка персоналу, відповідального за експлуатацію систем електродвигунів.

Заміна стандартних клинових ременів на високопродуктивні ремені покращить загальну ефективність проводки з нижчими витратами порівняно з вартістю нового, більш ефективного двигуна. Зубчасті клинові та синхронні ремені більш ефективні, ніж стандартні клинові ремені. Високоефективні електродвигуни (з підвищеним ККД) також знижують витрати на електроенергію. ККД електродвигунів визначається як відсоток електричної енергії, перетвореної в механічну.

Виходячи з поточних тарифів на електроенергію та відносно високих капітальних витрат, необхідних для модернізації електродвигунів, заміна існуючих двигунів на нові (більш ефективні) у більшості випадків не має сенсу. Однак час від часу на підприємствах все одно доводиться замінювати електродвигуни (до 10% на рік). Купівля високоефективних електродвигунів для заміни старих може бути дуже економічно вигідною.

Часто економічно доцільно замінити двигун на високоефективні двигуни, якщо ефективність приводу не може бути змінена в іншому місці. Коефіцієнт потужності вказує на те, наскільки ефективно пристрій буде перетворювати вхідну напругу і струм в корисну електричну потужність.

Звітність про виконану роботу в напрямку впровадження енергозберігаючих заходів. У кожному звітному періоді керівництво головного енергетика повинно узагальнювати інформацію про вжиті на підприємстві заходи з енергозбереження. Необхідність такої звітності полягає в можливості оцінки ефективності вжитих заходів для планування реалізації аналогічних в суміжних галузях.

При проведенні поетапної реалізації проекту з енергозбереження на конкретному підприємстві також необхідно складати такі звіти, які є частиною проекту, так як в них міститься інформація про отриману економію в фінансовому та енергетичному еквівалентах.

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

Способом підвищення ККД масового нерегульованого електроприводу, призначеного для незмінних, конструктивних режимів роботи, є перехід на енергозберігаючі електродвигуни, в яких номінальні значення ККД збільшуються за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза і міді). Електродвигуни з підвищеним ККД знижують витрати на енергію за рахунок зменшення втрат в електродвигуні.

Загальні вдосконалення асинхронних двигунів з підвищеним ККД полягають в наступному:

- Подовження сердечника, зібраного з окремих пластин електротехнічної сталі більш високої якості з низькими втратами. Такі сердечники зменшують магнітну індукцію і, відповідно, втрати в сталі;

- Зниження втрат на мідь за рахунок максимального використання канавок і застосування провідників збільшеного перерізу в статорі і роторі;

- Електродвигун з підвищеною ефективністю виділяє менше тепла під час роботи, що зменшує потужність і розмір вентилятора охолодження, що, в свою чергу, призводить до менших втрат вентилятора і, отже, до менших загальних втрат потужності.

Якщо термін служби електродвигуна в режимі постійного, номінального навантаження тривалий, то електродвигуни при вищевказаних умовах забезпечать найнижчі експлуатаційні витрати. Однак доцільність створення і використання енергозберігаючих двигунів повинна оцінюватися з урахуванням додаткових витрат на їх установку і обслуговування.

На енергозбереження енергозберігаючих електродвигунів припадає приблизно 3-8% від загального споживання.

1.4.2 Обґрунтування можливості використання компенсації реактивної потужності

Більшістю споживачів електроенергії є електричні машини (двигуни, генератори, трансформатори), в яких протікає реактивний струм, який індукує реактивну ЕРС, викликаючи створення фазового зсуву між напругою і струмом. Підключене навантаження споживає не тільки активну енергію (віддає під час роботи генератора) з мережі, але і реактивну енергію, що призводить до збільшення сумарної потужності в середньому на 20-25% по відношенню до активної. зсув фаз між дефіляцією і струмом має тенденцію до збільшення, а $CoS\varphi$ зменшується в середньому на 0,2-0,4. Якщо не використовувати компенсацію реактивної потужності, то при тій же споживаній потужності струм значно зросте.

Як правило, конденсаторні установки є основним засобом компенсації реактивної потужності в електричних мережах промислових підприємств. Це

пов'язано з їх значними перевагами перед іншими способами компенсації, а саме:

- невеликі, майже постійні в зоні номінальної температури навколишнього середовища, втрати активної енергії, що не перевищують 0,4% або 0,004 кВт/кВАр CU (для порівняння: в синхронних компенсаторах ця величина досягає 10% від номінальної потужності компенсатора, а в синхронних двигунах, що працюють в режимі перезбудження - 7%);
- відсутність обертових частин;
- відносно незначні капітальні вкладення;
- можливість вибрати будь-яку необхідну потужність конденсатора;
- Встановіть їх в будь-якому місці мережі.
- відсутність шуму під час їх роботи;
- Простота в установці і експлуатації.

За допомогою МС можливі такі види компенсації:

Індивідуальні (нерегульовані) - МС розташовуються безпосередньо у електроприймачів і комутуються одночасно з ними. При індивідуальній компенсації від реактивного навантаження розвантажуються не тільки високовольтні мережі, а й цехові розподільчі мережі. Він найкраще підходить для компенсації індивідуальним споживачам електроенергії, які працюють в довгостроковому режимі. Недоліками даного типу розподільних пристроїв є залежність часу підключення розподільного пристрою від часу підключення електроприймачів і необхідність узгодження потужності розподільного пристрою з індуктивністю електроприймача, реактивне навантаження якого компенсується КБ, для запобігання виникненню резонансних явищ або застосування спеціальних схем підключення (перемикання з «зірки» на «трикутник»), що передбачає паралельні підключення трьох однофазних конденсаторів до обмоток двигуна).

Групові (також не регламентовані). Застосовується для розподільних пристроїв з декількома підключеними індуктивними навантаженнями. МС встановлюються в цехах і підключаються до розподільчих пунктів або

шинопроводів потужністю 0,38 кВт. Трансформатори на підстанціях і мережах електропостачання 0,38 кВ розвантажуються від реактивної потужності. Недоліками є роздільне включення ТС і неповне розвантаження розподільчих мереж підприємства від реактивної потужності (розподільчі мережі до індивідуальних споживачів залишаються ненавантаженими).

Централізовані (як правило, регульовані). Застосовується в системах з великою кількістю споживачів з великим розкидом коефіцієнта потужності протягом доби, тобто для змінних навантажень. Централізована компенсація може здійснюватися на стороні більш високої напруги, при підключенні КУ до шин 6-10 кВ головної понижуючої підстанції (ГПЗ) або на стороні нижчої напруги. Та й вартість однієї кварти нижча, ніж при інших варіантах. Однак при компенсації за цією схемою від реактивної потужності розвантажуються тільки ланки розподільчої мережі, розташовані вище. При цьому розподільні мережі 6 – 10 і 0,38 кВ не розвантажуються, тому втрати електроенергії в них не зменшуються, а потужність трансформаторів 6 – 10/0,38 кВ не може бути зменшена (табл. 1.4).

При централізованій компенсації на стороні низької напруги при приєднанні КБ до шин 0,38 кВ трансформаторної підстанції 6 – 10/0,38 відбувається розвантаження не тільки живильних мереж 6 – 10 кВ, а й трансформаторів на підстанції. Ненавантаженими залишаються тільки внутрішньоцехові розподільчі мережі напругою 0,38 кВ. Регулювання потужності КЮ може здійснюватися в функції реактивного струму навантаження, але для цього КБ повинен бути оснащений спеціальним автоматичним регулятором, а його сумарна компенсаційна потужність розділена на окремо перемикаються ступені. Такі повні МС називаються автоматизованими. Даний тип розподільних пристроїв виконує розподільні пристрої відповідно до фактичного споживання реактивної потужності.

Існує два способи збільшення $\cos\varphi$ без використання компенсаторів реактивної потужності [3].

Таблиця 1.4 - Добовий графік активного споживання електричної енергії в розділі СТО станом на 12.12.2023

Годин	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

При компенсації реактивної потужності струм, споживаний з мережі, знижується на 30-50% в залежності від вартості φ. Установка засобів компенсації реактивної потужності забезпечує підтримання близького до 1 $cos\varphi$ значення , що призводить до зниження плати за реактивну енергію майже до 0, значного збільшення потужності трансформаторів, кабелів (збільшення

енергоспоживання підприємства без реконструкції енергосистеми) за рахунок відсутності втрат активної потужності, Виникнення в результаті протікання реактивного струму, а також ефективне розвантаження електромереж призводить до економії 5-15% споживаної активної електроенергії.

Найбільш вигідний коефіцієнт потужності електроустановок визначається в умовах досягнення найбільшої річної економії електроенергії за рахунок зниження втрат електроенергії від реактивних навантажень електричної лінії або за рахунок збільшення пропускної спроможності електричної мережі (ліній і трансформаторів) у зв'язку з компенсацією реактивного навантаження.

До заходів, які не вимагають застосування розширювальних пристроїв, відносяться:

– раціоналізація технологічного процесу, що створює оптимальний енергетичний режим роботи обладнання;

– перемикання обмоток статора асинхронних двигунів напругою до 1000 В з трикутника на зірку, якщо їх навантаження менше 40%;

– виключення безвантажного режиму роботи асинхронних двигунів шляхом установки обмежувачів холостого ходу з міжопераційним періодом більше 10 секунд;

– заміна або відключення трансформаторів, навантаження яких в середньому становить менше 30% від номінальної потужності;

– заміна ненавантажених електродвигунів на електродвигуни меншої потужності за умови зниження сумарного споживання активної енергії в енергосистемі та електродвигунах;

– заміна асинхронних електродвигунів на синхронні такої ж потужності або застосування синхронних електродвигунів для нового електрообладнання, якщо це доцільно з технічних та економічних причин;

– плавне регулювання напруги за допомогою тиристорних пристроїв;

– підвищення якості ремонту електродвигунів, при якому зберігаються їх номінальні дані.

Якщо ці показники не збільшуються $\cos\varphi$ до 0,9-0,95, то використовуються пристрої штучної компенсації. Найчастіше використовуються статичні конденсатори, які встановлюються в розподільні щити або підстанції.

Енергетичний баланс - це система взаємопов'язаних показників надходження і використання всіх видів енергетичних ресурсів. Вона дозволяє встановити необхідні обсяги і співвідношення виробництва і споживання різних видів енергетичних ресурсів.

Баланс споживання електроенергії входить до складу паливно-енергетичного балансу, складеного на підприємстві. Необхідно провести аналіз ефективності використання електроенергії, розробити прогресивні нормативи споживання електроенергії для окремих підрозділів, цехів і підприємства в цілому, визначити зміни в структурі енергоспоживання, а також проаналізувати ефективність заходів з економії електроенергії.

Електричні ваги складаються з вхідної і витратної частини, які визначаються за показаннями лічильника.

Вхідна частина включає в себе всю електроенергію, отриману струмоприймачами підприємства з енергосистеми, з мережі інших споживачів і з власних джерел підприємства.

Видаткова частина балансу споживання електроенергії зазвичай обліковується окремо:

- прямі витрати енергії на основний технологічний процес,
- втрати електроенергії в елементах електромережі,

1.4.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

Оскільки близько 21% витрат останньої на електроенергію витрачається на забезпечення освітлення територій компанії, актуальним є зниження

енергоспоживання в цьому напрямку. Для аналізу системи освітлення підприємства необхідна наступна інформація: Тип встановлених світильників - ДХО-400 (табл. 1.5, 1.6 і рис. 1.4).

Таблиця 1.5 – Характеристики ламп ДРЛ-400

Тип лампи	Напруги В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр Мілімет рів	Ковпач ок	Термін служби, годин
ДХО-400	220	19000	292	122	Р40	10000

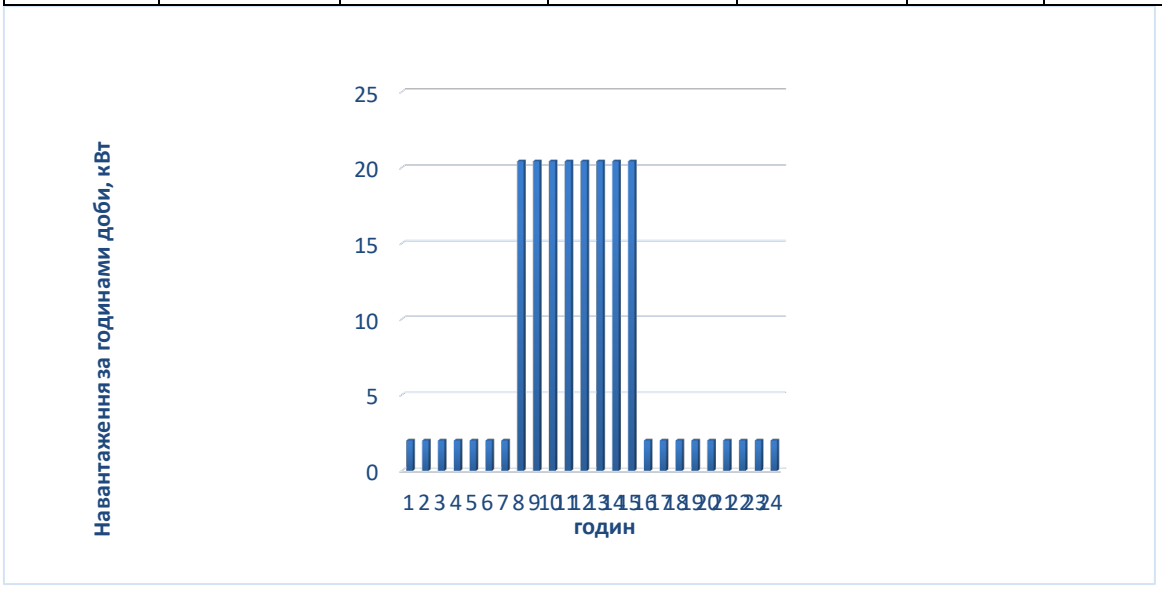


рисунок 1.4 Добовий графік завантаження освітлювальних установок

Таблиця 1.6 - Характеристики світильника РСП 05-400/Г03

Тип кріплення	Джерело світла		Діаметр Міліметрів	Зріст Міліметрів	ЕФЕКТИВНІСТЬ
	Тип	Потужність, Вт			
РСП 05-400/Г03	ДХО	400	490	607	0,7

- кількість ламп – 48 штук.
- потужність лампи – 400 Вт.
- тип світильника – RSP05-400/GO3.

2 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В УМОВАХ ТОВ «ІМПАКТ»

2.1 Компенсація реактивної потужності

2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах

Електропостачання підприємства забезпечується двома трансформаторами ТДНС-10000/35-У1, 10000 кВА, 35/6 кВ. У таблиці 2.1 наведено кількість і потужність трансформаторів трансформаторних підстанцій, від яких здійснюється електропостачання цехів і дільниць підприємства.

Таблиця 2.1 – Характеристики трансформаторів

Підстанція No.	Назва сайту	Потужність трансформатора, кВА
1	Семінар №11	1000
2	Будівля ливарного цеху	1000
3	Зона зварювання	630
4	Компресор	250
5	Тестова зона	1000

Розрахуємо потужність і втрати енергії в трансформаторах на підставі даних, наведених у таблиці 2.2.

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

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

де, $\Delta P_x \Delta P_{кз}$ - втрати трансформаторів при холостому ході і короткому замиканні, кВт;

n - Кількість трансформаторів;

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

$T_п$ - річний час включення трансформатора, годин;

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

Таблиця 2.2 – Паспортні дані трансформаторів

Тип трансформатора	Номінальна місткість кВт· А	$U_{НОМ}$, кВ		Велика Британія, %	I х.х., %	Втрати, кВт	
		ВН	НН			Двадцятого	КЗ
ТМЗ-250/10	250	10	0,4	6,5	1,6	1,15	5,4
ТМЗ-630/10	630	10	0,4	5,5	1,63	1,25	7,9
ТМЗ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	1,7	1,9	12,2

Коефіцієнт навантаження трансформаторів визначається за формулою:

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

де – середній струм, А;$I_{ср}$

$I_н$ - номінальний струм, А.

Знайдіть струм навантаження:

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

Протягом облікового періоду (року) було спожито:

- активна енергія = E_a1818 тис.

- реактивна енергія = 1363,5 тис.E_p

Знайдіть середній струм:

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

Визначимо активні втрати в трансформаторі:

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

Щорічні втрати реактивної електроенергії:

$$,\Delta W_{тр.р.} = \Delta Q_{хх} \cdot T_п + k_{з.т}^2 \cdot \Delta Q_{кз} \cdot T_р \quad (2.5)$$

де відбувається втрата реактивної енергії, $\Delta Q_{хх} \Delta Q_{кз}$

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

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

то

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

2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях

Втрати активної та реактивної потужності та електричної енергії за відповідний обліковий період визначаються відповідно за формулами. [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 *Р* - еквівалентний активний опір лінії, Ом;

Це еквівалентний реактивний опір лінії, Ом.

Іссер - середнє значення струму в лінії за характерну добу, А:

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

Де *Що* $\varphi_{Санкт}$ – середньозважений коефіцієнт потужності;

W_a - активне споживання електричної енергії за обліковий період, на 2023 *рік Wa = 78,2* млн кВт·год.

$$I_{сер} = 5{,}7 \text{ А}$$

де $K_ф$- коефіцієнт у вигляді графіка лінійних навантажень:

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

;

де - середня потужність, $P_{ср}$

$P_{ср.кв}$ - Середньоквадратичне значення.

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

Щоб розрахувати коефіцієнт форми графіка лінійних навантажень, розглянемо Щоденний графік завантаження майстерні на 12.12.2023 (рисунок 2.1).

Таблиця 2.3 Добовий графік споживання активної потужності в цеху станом на 12.12.2023 р.

Років	Потужність, кВт
00:00-01:00	280
01:00-02:00	280
02:00-03:00	280
03:00-04:00	280
04:00-05:00	280
05:00-06:00	280
06:00-07:00	280
07:00-08:00	640
08:00-09:00	1040
09:00-10:00	1300
10:00-11:00	1420
11:00-12:00	1360
12:00-13:00	1550
13:00-14:00	1600
14:00-15:00	1500
15:00-16:00	1230
16:00-17:00	1150
17:00-18:00	1220
18:00-19:00	1280
19:00-20:00	1090
21:00-22:00	960
22:00-23:00	380
23:00-24:00	280

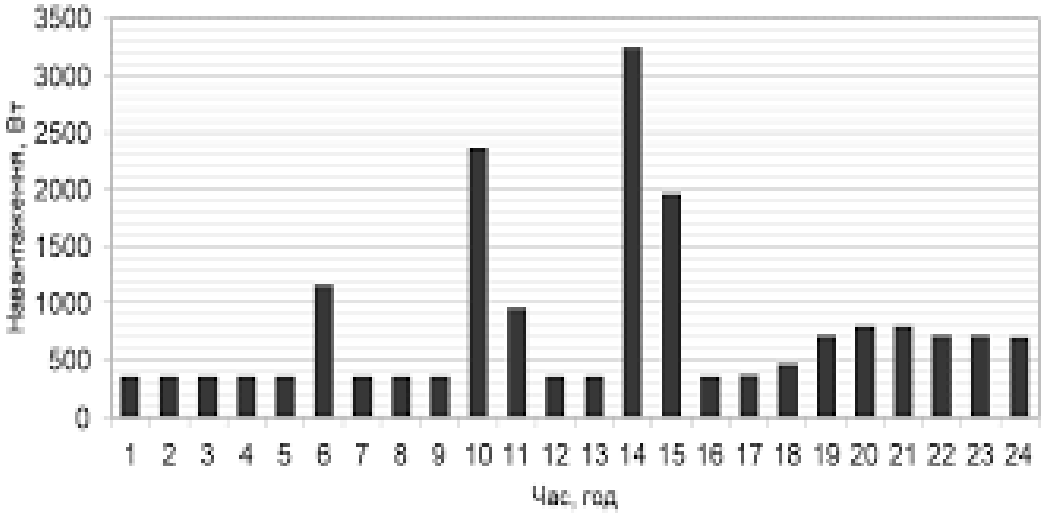


Рисунок 2.1 - Добовий графік активного споживання електроенергії станом на 12.12.2023.

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

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

То

$$K_{ф} = 1{,}1.$$

Електропостачання цеху здійснюється по двох кабельних лініях (схема наведена в додатку) АВВГ 3·70 +· 1 25 протяжністю 0,05 км.

Активні втрати електроенергії в лінії АВВГ 3 70·+1·25:

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

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

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

2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв

Потужність пристроїв компенсації реактивної потужності підбирається виходячи з умов забезпечення балансу реактивної потужності на стику інтерфейсу енергосистема - підприємство, квар:

$$Q_{ку}=Q_{роз\sum}+\Delta Q_m+\sum\Delta Q_{kmn}-Q_{ед}-Q_{сд}\ , \qquad (2.13)$$

де - розрахункова максимальна реактивне навантаження, яка визначається з урахуванням коефіцієнта, різниці в часі максимальних вимог, квар;$Q_{роз\sum}$

ΔQ_m - втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижувальної підстанції;

$Q_{ед}$ - економічно обґрунтована реактивна потужність, що передається від енергосистеми, квар;

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

$Q_{сд}$ - Реактивна потужність, що виробляється синхронними двигунами, квар.

Втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижувальної підстанції, квар:

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

де - число трансформаторів, встановлених в головній понижуючій підстанції, шт .;n_m

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

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

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

U_k - Втрати при короткому замиканні в трансформаторі (паспортні дані), %.

Економічно обґрунтована реактивна потужність, що передається від енергосистеми, квар:

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

де - розрахункова активна потужність на стику енергосистеми і підприємства, , кВт;$P_{роз\sum}$ $P_{роз\sum} = K_{рм} \cdot \sum P_{роз\,i}$

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

Реактивна потужність, що виробляється синхронними двигунами, кварт:

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

де - коефіцієнт, що визначається номограмою [2] в залежності від коефіцієнта навантаження синхронних двигунів в перерахунку на активну потужність і $\alpha\ cos\ \varphi;$

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

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

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

η – ККД синхронного двигуна (паспортні дані), діючий

Втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижувальної підстанції, квар:

$$Q_{ктп} \approx 0.1 S_{роз}, \tag{2.17}$$

де знаходиться проектне повне навантаження, кВА.$S_{роз}$

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблицях 2.4, 2.5 у вигляді навантажень ТОВ «Імпакт».

Таблиця 2.4 – Вхідні дані для вибору потужності

Підстанція No.	Назва сайту	Режим харчування активний, кВт	Реактивна потужність квар	Марка і перетин кабельної лінії, (довжина, м) мм^2
1	Цех виготовлення	412.3	396.1	ААШв 3×35(250)
2	Будівля ливарного цеху	618.3	390.6	2×ААШв 3×150(400)
3	Зона зварювання	214.2	110.3	ААШ в 3×35(150)
4	Компресорна	245.1	175.2	2×ААШ в 3×35(150)
5	Тестова зона	492.1	212.3	2×ААШ в 3×35(150)

Розглянемо докладніше вибір сумарної потужності компенсуючих пристроїв від умов балансу реактивної потужності з балансом володіння балансом.

Таблиця 2.5 – Вхідні дані для вибору потужності

№	Варіант №					
	I варіант		II варіант		III варіант	
	Реактивна потужність, квар	Втрати, МВт·год	Реактивна потужність, квар	Втрати, МВт·год	Реактивна потужність, квар	Втрати, 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
5	200	22.1	-	27.5	-	27.5

Як приклад розглянемо варіант вибору компенсуючих пристроїв для трансформаторної підстанції, схема електропостачання яких наведена на аркуші графічної частини.

Виходячи з принципу компенсації реактивної потужності, можливі 3 варіанти:

Варіант I – компенсуючі пристрої, розташовані на стороні 0,4 кВ;

варіант II - розширювальні пристрої розташовуються на стороні 0,4 кВ і на стороні 10 кВ;

Варіант III – компенсуючі пристрої розташовуються на стороні 10 кВ.

Орієнтовна активна потужність підприємства:

$$P_{роз\,\Sigma} = K_{рм\,\Sigma}\, P_{роз}; \tag{2.18}$$

де $Крм\ \Sigma=0,9$ – коефіцієнт максимуму різних часів;

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

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

Економічно обґрунтована реактивна потужність від мережі визначається за формулою, квар:

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

Сумарна потужність підприємства визначається за відомою формулою з використанням наведених вище значень:

$$S_{роз\,\Sigma} = \sqrt{P^2_{роз\,\Sigma} + Q^2_{ед}}\ ; \tag{2.19}$$

де - розрахункова активна потужність на межі розділу між енергосистемою і підприємством, кВт;$P_{роз\,\Sigma}$

$Q_{ед}$ – економічно обґрунтована реактивна потужність, що передається від енергосистеми, кВа.

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

Реактивна ємність підприємства може бути визначена:

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

де - коефіцієнт максимуму різних часів;$K_{рм\,\Sigma}$

$\sum Q_{роз}$ - сумарне розрахункове реакційне навантаження, кварт.;

$\sum \Delta Q_{КТП}$ – сумарні втрати реактивної потужності трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції визначаються за формулою:

Коефіцієнт навантаження трансформатора:

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

де – сумарна потужність підприємства, кВА;$S_{роз\,\Sigma}$

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

$$K_{зг}=0{,}604.$$

.

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

Втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижувальної 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:

$$Q_{СД} = 260{,}9 \text{ квар.}$$

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв визначається:

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

Для варіанту I сумарна номінальна потужність компенсуючих пристроїв 0,4 кВ становить 6050 кВар, що приблизно відповідає сумарній потужності:

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

Для варіанту II сумарна номінальна потужність компенсуючого пристрою на стороні 0,4 кВ становить 3200 кВар. Розподіл конденсаторної батареї між упакованими трансформаторними підстанціями наведено в таблиці 2.7. Тому необхідний додатковий пристрій компенсуючого пристрою 10 кВ з потужністю, яка визначається за формулою: $Q_{нкуII} =$

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

де - сумарна потужність компенсуючих пристроїв, квар; $Q_{ку\Sigma}$

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

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

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

Для варіанту III.$Q_{нкуII} = 0$

$$Q_{вку}=Q_{ку\sum}$$ =6053,7 Квар

Приймаємо дві конденсаторні батареї типу УКЛ-10.5-1800 УЗ і дві конденсаторні батареї типу УКЛ-10.5-1350 по [7], кварт.$Q_{вкустандIII} = 6300$

Визначаємо втрати потужності в розподільчій 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 – питомий опір кабельної лінії, Ом/км; r_0

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

l – довжина кабельної лінії, км;

$n_{КЛ}$ - Кількість кабельних ліній, шт.

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

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

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

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

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

U_c - номінальна напруга кабельної лінії, кВ.

Визначення втрат потужності в кабельній лінії 10 кВ представлено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Визначення втрат потужності в кабельних лініях 10 кВ

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

Для підбору компенсуючого пристрою може бути запропонований наступний алгоритм:

- компенсуючий пристрій з боку 0,4 кВ вибирається в умовах, що забезпечують трансформаторну потужність упакованої трансформаторної підстанції по реактивної потужності;

- визначено втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції та головної знижувальної підстанції;

- визначається економічно обґрунтована реактивна потужність, що передається від енергосистеми, і реактивна потужність, що виробляється синхронними двигунами;

- З умов балансу реактивної потужності визначається потужність.$Q_{вку}$

Слід зазначити, що вибір компенсуючих пристроїв передбачає врахування численних факторів, які часто пов'язані між собою і впливають на цільову функцію (зниження вартості). Тому процес підбору компенсуючих пристроїв доцільно формалізувати, щоб мати можливість користуватися обчислювальною технікою.

Втрати потужності в основних трансформаторах:

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

Втрати електроенергії в основних кабельних лініях:

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

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

$T_м$ - Кількість годин максимальної втрати, годин

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

Номінальна реактивна потужність без компенсуючих пристроїв, квар;

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

де - коефіцієнт навантаження на реактивну потужність;$K_{рм}$

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

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

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

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

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

Сумарна номінальна потужність брутто без компенсуючих пристроїв, кВА;

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

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

$Q_{роз.баз}$- Номінальна реактивна потужність без компенсуючих пристроїв.

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

Коефіцієнт навантаження комплектної трансформаторної підстанції, що працює:

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

де – сумарна розрахункова потужність брутто без компенсуючих пристроїв, кВА;$S_{роз\Sigma}$

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

$$K_{зг} = \frac{15354{,}5}{2 \cdot 10000} = 0{,}77$$

Для виконання з компенсуючими пристроями номінальна реактивна потужність становить:

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

де – номінальна реактивна потужність без урахування компенсуючих пристроїв, квар;$Q_{роз.баз}$

$Q_{нку}$ - Номінальна потужність компенсуючих пристроїв, кВар.

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

Сумарна розрахункова брутто потужність для варіанту з компенсуючими пристроями повинна бути розрахована:

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

Коефіцієнт навантаження упакованої трансформаторної підстанції розраховується за формулою:

$$K^{I}_{зг}=\frac{12259,6}{2\cdot 10000}=0,61 \text{ в.о.}$$

Втрати електричної енергії в трансформаторах для виконання без компенсуючих пристроїв:

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

де - втрати холостого ходу в трансформаторі, кВт;P_x

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

$\Delta P_к$ - Втрати при короткому замиканні в трансформаторі, кВт.

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

2.2 Заміна двигуна блоку поперечного різу

Повна втрата активної потужності двигуна визначається за формулою:[5]

$$(2.31)\Delta P_{сум}=[Q_{хх}\cdot(1-K_н^2)+K_н^2\cdot Q_н]\cdot K_{і.п}+\Delta P_{хх}+K_н^2\cdot\Delta P_{в.н.}$$

де $Q_{хх}=\sqrt{3}\cdot U_н\cdot I_{п.х.}$ реактивна потужність, що використовується електродвигуном від мережі при номінальному навантаженні, кВАр;

$U_н$ - номінальна напруга, В;

$I_{п.х.}$ - струм електродвигуна, А;

$K_н=\frac{P_{ср}}{P_н}$ - Коефіцієнт навантаження на електродвигун;

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

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

$\eta_н$ - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

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

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

$\Delta P_{хх}=P_н\cdot(1-\eta_н)\cdot\gamma/[\eta_н\cdot(1+\gamma)]$ - Втрати активної потужності на холостому ходу електродвигуна, кВт;

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

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

Характеристики однотипних старих моторів різних установок, що встановлюються в механічних, магнітопровідних та інших цехах (всього 129 одиниць):

$P_н$=30Квт; В; А; кВт $U_н$=380$\eta_н$=0,89; $cos\,\varphi$ =0,9; $I_{хх}$=16,8$\Delta P_{хх}$=1,2

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

$$K_н=\frac{P_{ср}}{P_н} \tag{2.32}$$

$$\gamma=\frac{\Delta P_{хх}}{[(100-\eta_н)\cdot\Delta P_{хх}]}; \tag{2.33}$$

$$\Delta P_{в.н.}=P_н\cdot(1-\eta_н)/[\eta_н\cdot(1+\gamma)] \quad , \tag{2.34}$$

$$\Delta P_{в.н.}=30\cdot\frac{1-0{,}89}{0{,}89\cdot(1+0{,}12)}=3{,}3 \text{ Квт.}$$

Характеристики електродвигуна А2-71-6:

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

$$Q_{хх2}=\sqrt{3}\cdot 380\cdot 13{,}5\cdot 10^{-3}=8{,}9\text{квар};$$

$$K_{н2}=\frac{P_{ср}}{P_{н2}} \tag{2.35}$$

$$\gamma_2=\Delta P_{хх2}/[(100-\eta_{н2})\cdot\Delta P_{хх2}] \tag{2.36}$$

$$\Delta P_{в.н.2} = P_{н2} \cdot (1 - \eta_{н2}) / [\eta_{н2} \cdot (1 + \gamma_2)] \quad (2.73)$$

Сумарні втрати активної потужності малонавантаженого двигуна:

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

Сумарна втрата активної потужності нового двигуна:

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

Ефективність заміни низьконавантаженого електродвигуна визначається виникаючим зменшенням втрат активної потужності в кожному двигуні:

$$\Delta P = \Delta P_{сум} - \Delta P_{сум} \quad (2.38)$$

Тобто заміна низьконавантажених електродвигунів на нові дозволить заощадити підприємству близько 0,343 млн кВт·год/рік.

2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

Оскільки близько 21% витрат останньої на електроенергію витрачається на забезпечення освітлення приміщень, зниження енергоспоживання в цьому напрямку є актуальним.

Для аналізу освітлювальної системи підприємства, стан якої можна розглянути на прикладі інструментального цеху, необхідна наступна інформація (табл. 2.7, 2.8):

Тип встановлюваних ламп - ДРЛ-400.

Таблиця 2.7 – Характеристики ламп ДРЛ-400

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

- кількість ламп – 48 штук.
- потужність лампи – 400 Вт.
- тип світильника – RSP05-400/GO3.

Таблиця 2.8 Характеристики світильника РСП 05-400/Г03

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

- Кількість ламп – 48 штук.
- Характерною особливістю поверхні приміщення є коричневий колір.
- Кількість чисток на рік – одна.
- розміри приміщення Ш х Д х В = 18 х 60 х 6,5 м.
- Є змінне освітлення.
- Висота підвісу світильника Н = 6,5 м.

Приймаємо висоту приміщення H = 6,5 м. Виходячи з умов техніки і навколишнього середовища, ми приймаємо до установки світильник з

Мінімальна нормативна освітленість по [6]: *Еп* = 200 лк при висоті проектної поверхні над пологим ухилом hp = 0,5 м.

Визначте висоту підвісу лампи:

$$h = H - h_p - h_c \ , \tag{2.39}$$

де *НС* – відстань від світильника до стелі;

hc = 1,0 м.

$h = 6{,}5 - 0{,}5 - 1{,}0 = 5$ (м).

Визначимося з необхідною кількістю ламп для формування рівномірного освітлення.

Площа кімнати S = 60·18 = 1080 м^2.

Кількість рядів ламп можна визначити за формулою:

$$N_p = \frac{B}{L_a}, \tag{2.40}$$

де *В* - ширина цеху, яка дорівнює 18 м;

$$L_a = \lambda \cdot h, \tag{2.41}$$

де $\lambda = 0{,}6$ за [5].

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

Кількість ламп в одному ряду:

$$N_{св} = \frac{A}{L_в}, \tag{2.42}$$

где *Lv* = *La*;

A - довжина цеху, яка становить 60 м.

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

Кількість світильників в цеху:

$$N = N_{св} \cdot N_p . \tag{2.43}$$

$$N = 6 \cdot 20 = 120 \text{ (шт.)}$$

Розрахуємо освітлення за допомогою методу світлового потоку.

Індекс номерів становить:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \tag{2.44}$$

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

Згідно з додатком, приймаємо η = 0,43.

Визначте світловий потік однієї лампи:

$$Ф = \frac{E_н \cdot K_{зап} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \tag{2.45}$$

де *Кзап* - коефіцієнт запасу міцності, що дорівнює 1,5;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітленості, *Z* = 1,15...1,2.

Для ДХО беремо $Z = 1{,}15$.

η - Ефективність використання світлового потоку, який становить відношення світлового потоку, що падає на робочі поверхні, до сумарного світлового потоку світильників.

2.4 Модернізація вузла поперечного різання зі зміною схеми управління

Основним завданням управління електроприводами, що працюють в режимі пуску, гальмування і реверсу, є формування діаграми струму, що забезпечує заданий перехідний час. У цьому випадку потрібне примусове виконання процесів запуску, гальмування і руху заднім ходом. Однак, виходячи з вимог, запропонованих до розроблюваного механізму, необхідно одночасно забезпечувати обмеження ударних навантажень, плавність регулювання, а значить, при виборі системи управління вона повинна враховувати обмеження прискорення і динамічного крутного моменту. Аналогічний режим необхідний і для механізмів прокатних станів. .

Ці керуючі якості (крім швидкості, надійності і економічності) забезпечує класична система G-D.

Однак система G-D в даний час застаріла і має ряд недоліків в порівнянні з системою ТР-D:

- займає велику площу в порівнянні з ТП-Д;

- система має низьку продуктивність через наявність значної сумарної індуктивності в ланцюзі якоря двигуна і генератора;

- менша надійність за рахунок наявності обертових елементів (не менше трьох - приводних електродвигунів, генератора і пропелерного двигуна);

- значна встановлена потужність машин і, як наслідок, значна витрата енергії, що пов'язано з неефективним керуванням автомобілем.

Тому виникла потреба в модернізації системи, суть якої полягає в заміні системи В-Г на систему ТП-Д. Однак, незважаючи на перераховані переваги, сама система ТР-D має ряд недоліків:

- жорстка гальванічна зв'язок тиристорного перетворювача з мережею;

- наявність більш високих гармонійних компонентів;

- наявність зони переривчастих струмів при роздільному управлінні тиристорами.

Однак розробляється в даний час технологія управління має ряд шляхів усунення цих недоліків. В цілому проведений аналіз обґрунтовує вибір тиристорної системи управління перетворювачем-двигуном.

В даний час в промисловості широко використовуються автоматизовані електроприводи з вентильними перетворювачами. Найбільш поширеними є системи з тиристорними перетворювачами в ланцюзі якоря двигуна, що працюють в основному в режимах запуску, гальмування і реверсу. Вони виготовляються з двома комплектами клапанів.

Замкнуті системи управління електроприводами клапанів можуть бути виконані з різними негативними зворотними зв'язками: напругою і струмом; за швидкістю і силою струму. Виходячи з вимог технологічного процесу, запропонованих для роботи електроприводу, найбільш оптимальною для цього механізму є ланцюг з негативним зворотним зв'язком по частоті обертання і струму основного ланцюга з відсіченнями. Використання високошвидкісного зворотного зв'язку в даному випадку дозволяє здійснювати більш стійке регулювання.

Вимогам, що пред'являються до електроприводу, відповідає двигун постійного струму. Застосування даного типу електродвигуна пов'язане з необхідністю установки тиристорного перетворювача, який буде перетворювати змінний струм існуючої цехової мережі напругою 380 В і частотою 50 Гц в постійний струм.

Електропривод барабанних ножиць служить для вироблення крутного моменту на робочих лопатях, через редуктор і зубчасту рейку, який необхідний для різання смуги. Мотор повинен працювати в безперервному режимі з постійним навантаженням.

Для забезпечення всіх умов технологічного процесу необхідно вміти регулювати швидкість, причому при вже обраної швидкості необхідно, щоб вона залишалася незмінною. Для того щоб мати можливість регулювати листи різної товщини, необхідно мати систему управління електроприводом.

Вимогам, що пред'являються до електроприводу, відповідає двигун постійного струму. Застосування даного типу електродвигуна пов'язане з необхідністю установки тиристорного перетворювача, який буде перетворювати змінний струм існуючої цехової мережі напругою 380 В і частотою 50 Гц в постійний струм.

2.4.1 Розрахунок потужності електроприводу вузла поперечного різання

Максимальне зусилля різання:

$$P=k_2 \cdot k_3 \cdot \tau_{max} \cdot F \qquad (2.46)$$

де: = 1,2 - коефіцієнт впливу зазору між ножами;k_2

k_3=1,3 – коефіцієнт ефекту затупленості ножа;

Підставляємо числові значення:

$$P=1.2 \cdot 1.3 \cdot 67.2 \cdot 1.046=109.65\text{кН}$$

Визначення крутного моменту і потужності різання

Максимальне зусилля різання на важелі:

$$\alpha = R \cdot \sin\beta \tag{2.47}$$

Максимальний статичний момент різання:

$$M_{різ} = 2 \cdot P \cdot \alpha \tag{2.48}$$

Максимальна потужність різання:

$$N_{різ} = M_{різ} \cdot \frac{\omega_H}{\eta} \tag{2.49}$$

де: $\eta = 0,9$ – ККД ножів і редуктора;

Кутова швидкість ножиць:

$$\omega_H = \frac{V}{R} \tag{2.50}$$

$$P_д \geq 0.9 \cdot N_{різ}.$$

Для приводу ножиць вибирають електродвигун типу 4А160С4У3

Потужність: $P = 15$ *кВт*

Напруга якоря: $U = 380$ *В*

Швидкість обертання: $n = 1465 \text{хв}^{-1}$

Коефіцієнт перевантаження і ріжуча здатність:

$$k = \frac{N_{різ}}{N} \tag{2.51}$$

Допустимий коефіцієнт G-сили: k = 2,5;

Як показав розрахунок, обраний раніше двигун повністю підходить для режиму роботи автомобіля. Ми беззастережно з ним згодні.

Схема управління двигуном постійного струму головного приводу барабанних ножиць показана на малюнку 2.2.

Електродвигун М живиться від реверсивного тиристорного перетворювача UZ1, UZ2, який живиться від трифазної мережі через автоматичний вимикач SA1 і трансформатор TV1. Автоматичний вимикач SA1 захищений тиристорними блоками від короткого замикання. Пульсації випрямленого струму згладжуються реакторами L1.

Рисунок 2.2 - Схема автоматичного регулювання частоти обертання двигуна

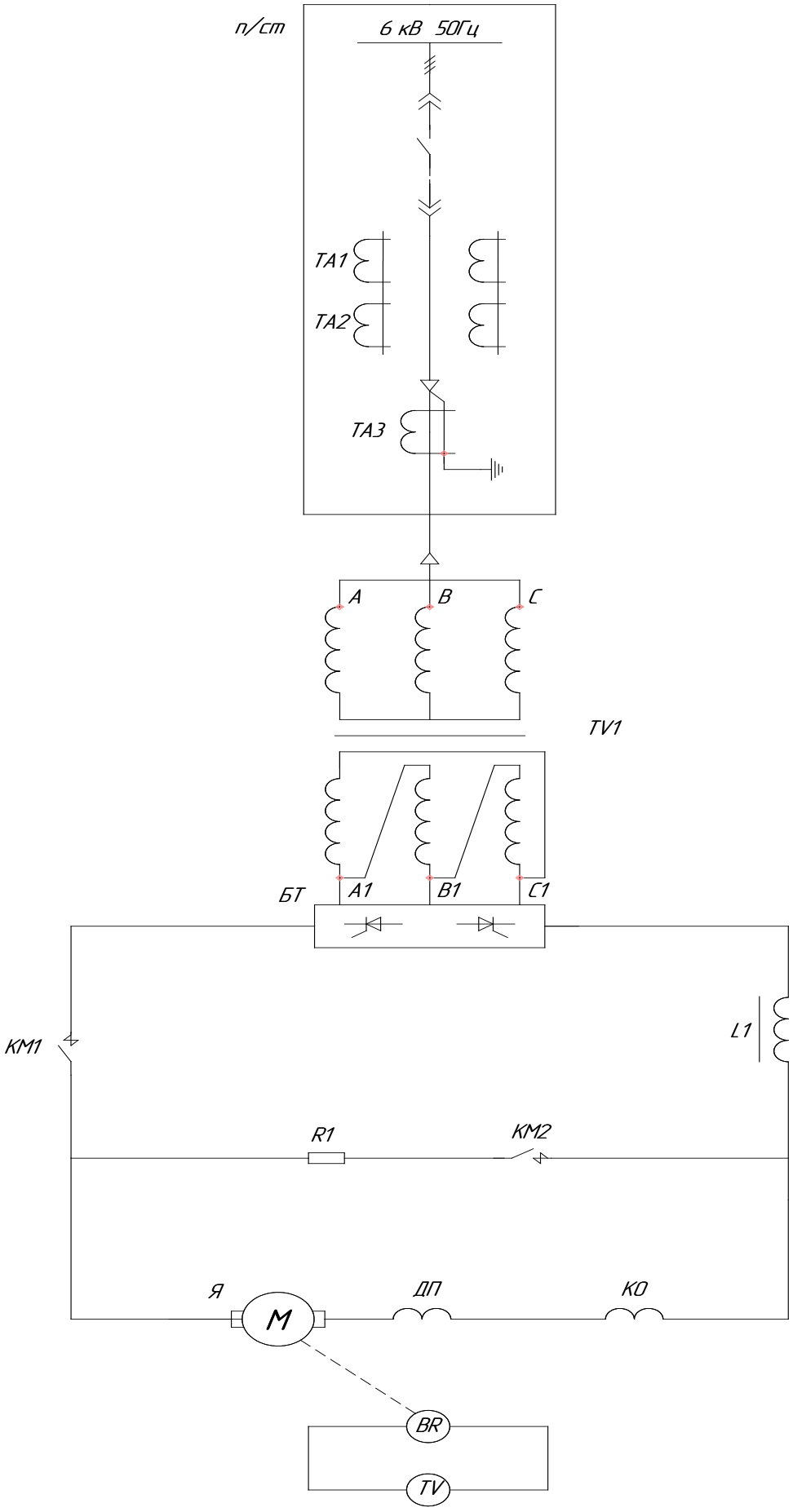


Рисунок 2.3 - Схема живлення двигуна

У схемі передбачена можливість маневрування інсталятором інтенсивності ІМ за допомогою безконтактного ключа, завдяки чому оператор може швидко втрутитися в роботу приводу, впливаючи на зміну швидкості ручкою командного контролера, минаючи ВЧ, в разі аварії.

Імпульсно-фазова система управління СІФУ формує керуючі імпульси для тиристорів енергоблока УЗ1, УЗ2 і змінює їх фазу в залежності від величини керуючого сигналу на його вході з метою регулювання напруги перетворювача і частоти обертання електродвигуна. Значення вхідного сигналу Uvx SIFU є функцією величини керуючого сигналу U і сигналів зворотного зв'язку, що надходять в ланцюг управління. Управління електродвигуном здійснюється безконтактним командним контролером СА типу сельсин від станції управління.

Сигнал змінного струму на виході командного апарату Y повинен бути перетворений в сигнал постійного струму, полярність якого визначалася б фазою напруги Y, яка, в свою чергу, визначається положенням ручки командного контролера. Для цього використовується фазочутливий випрямляч ФВУ.

Командний апарат спускового апарату подає ступінчастий сигнал управління, який викликає відповідне ступінчасте збільшення частоти обертання приводу. Різка зміна швидкості може викликати надмірне протікання динамічного струму, тому вживаються заходи щодо його обмеження. Для цього на вхід РС регулятора швидкості замість ступінчастого сигналу подається сигнал, який лінійно змінюється в області його перетворення в задавачі інтенсивності.

За допомогою тахогенератора БР здійснюється негативний зворотний зв'язок на частоту обертання двигуна, а за допомогою датчика струму UA – негативний зворотний зв'язок на струм двигуна. Схема електроприводу має два незалежних регулятора: регулятор швидкості RS і регулятор струму РТ. Регулятор швидкості приймає сигнали для установки частоти обертання двигуна УЗС, забезпечує зміну частоти обертання при певному прискоренні, а

також обмежує сигнал УЗТ до допустимого значення, яке часто залежить від величини витрати двигуна, і формує необхідну твердість механічної характеристики електроприводу.

Регулятор струму якоря РТ отримує сигнал завдання Uzt з виходу регулятора швидкості і сигнал зворотного зв'язку Udt з виходу датчика струму UA. На виході він подає керуючу напругу Uv на СІФУ УЗ, який визначає кут регулювання тиристорів L. Датчик струму виконує гальванічну розв'язку ланцюгів управління від основних ланцюгів і посилення напруги. Регулятор струму здійснює таке обмеження швидкості наростання струму, компенсацію впливу ЕРС електродвигуна на характеристики ланцюга, вирівнювання струмів навантаження паралельних тиристорних перетворювачів.

Електродвигун головного приводу барабанних ножиць (рис. 4.3) живиться наступним чином: струм від підстанції надходить на трифазний трансформатор з з'єднанням «зірка-трикутник», а потім через тиристорний блок надходить в електродвигун. У схемі є автоматичний вимикач КМ1, який включається і вимикається за допомогою брелока, встановленого в разі аварії для швидкого знеструмлення двигуна і зупинки процесу корекції. Також в ланцюзі є тахогенератор, який зчитує оберти, а в ланцюзі управління результат дорівнює зазначеним.

Визначимо номінальний струм навантаження для підбору провідника, що живить електродвигун, за формулою:

$$I_{розр.} = \frac{P \cdot 10^3}{U_{ном}} \tag{2.52}$$

де = 380 В – номінальна вихідна напруга трансформатора$U_{ном}$

То:

$$I_{розр.} = \frac{15 \cdot 1000}{380} = 33,4 \text{ А}$$

При виборі перерізу провідника за умовами нагріву необхідно враховувати умови його прокладання. Так як температура навколишнього середовища не перевищує 25 °С, то обраний кабель перевіряється тільки на умову проходження номінального струму навантаження за формулою:

$$I_{дл.доп.} \geq I_{розр.} \tag{2.53}$$

Ми вибираємо трижильний алюмінієвий кабель з просоченою паперовою ізоляцією в підводній обмотці з перетином жили 70 типу АВБ-3×70, що дозволяє витримувати струмове навантаження на яку мм^2 $I_{дл.доп.} = 50$ А.

$$I_{дл.доп.} = 33,4 \text{ А} \geq I_{розр.} = 50 \text{ А}.$$

Таким чином, обраний кабель задовольняє умові нагріву.

Як вимикач навантаження ми використовуємо автоматичний вимикач серії VA-53-100 з номінальним струмом спрацьовування 50 А.

2.5 Підбір засобів для вимірювання споживання електроенергії

Розрахунковий облік електричної енергії забезпечується лічильниками електроенергії, встановленими на балансовій межі на щиті обліку комірки 35 кВ No 347 підстанції 330/150/35 кВ.

Для організації комерційного обліку використовуються багатотарифні багатофункціональні лічильники електроенергії типу SL 7000 Smart (110В, 5А, клас 0, 5) виробництва ДП «Актаріс Україна». Прилади обліку забезпечують

облік активної та реактивної електроенергії в багатотарифному режимі та внесені до Державного реєстру України.

Вимірювальні схеми (матеріал, переріз і довжина проводів і кабелів, установка випробувальних блоків, захисних і комутаційних апаратів у вторинних ланцюгах) виконуються відповідно до вимог EIP.

Забезпечується пломбування всіх елементів бухгалтерських ланцюжків.

Технічний облік електроенергії здійснюється на трифазних електронних багатотарифних, багатофункціональних лічильниках електроенергії типу SL 7000 Smart, які встановлюються на щиті обліку комірки 35 кВ No 347 підстанції 330/150/35 кВ, а також на приєднаннях понижуючої підстанції 6 кВ понижуючої підстанції 35/6 кВ.

Лічильники мають функції багатотарифного вимірювання активної та реактивної енергії та можуть бути додатково інтегровані в автоматизовану систему обліку, що дозволить побачити повну картину споживання та розподілу електроенергії з урахуванням енергії, спожитої для власних потреб підстанції.

Комерційний облік характеризується наявністю невеликої кількості точок обліку, згідно з якими потрібна установка високоточних приладів, а самі прилади обліку повинні бути обрані з державного реєстру засобів вимірювальної техніки.

Лічильник SL 7000 Smart є новітньою розробкою в області обліку електроенергії та організації АСКОЕ. Лічильник SL 7000 Smart використовується для повних і точних комерційних і технічних вимірювань в секторі великих промислових підприємств і невеликих двигунів.

Мікропроцесорні багатофункціональні лічильники електроенергії SL 7000 Smart призначені для обліку активної та реактивної енергії в трифазних ланцюгах змінного струму трансформаторної комутації, в одно- і багатотарифному режимах з класом точності 1.0, при цьому кількість тарифних зон може досягати 16. SL 7000 Smart працює в широкому діапазоні робочих струмів і напруг і має високу чутливість. Лічильник SL 7000 Smart

вимірює та відображає параметри електричної мережі – напругу та фазні струми, активну, реактивну та сумарну потужність трифазної системи, а також сервісні дані.

Абсолютно нові можливості надає лічильник SL 7000 Smart для організації АСКОЕ. Імпульсні входи/виходи, цифрові інтерфейси та навіть інтегрований GSM-модем можуть використовуватися незалежно для зв'язку з лічильником. Цікавою особливістю SL 7000 Smart є те, що можна підключати додаткові інтерфейси без відключення лічильника і порушення метрологічних пломб.

Технічні характеристики електролічильника наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика лічильників

Найменування характеристики	Значення	Примітка
Рейтинг точності	0,5С; 1.0	На основі продуктивності
Номінальна напруга, В Робочий діапазон, % від номінального	57/100, 220/38063/110, 230/400 ± 20	Залежно від модифікації
Номінальна частота мережі, Гц	50 ± 5%	60 ± 5% на замовлення
Номінальні (максимальні) струми, А	1(2),1(1,2),1(6)2(6),2(10),	Залежно від модифікації
Поріг чутливості по відношенню до номінального Р, %	0,10,4	Залежно від модифікації

Функціональні можливості лічильників SL 7000 Smart:

- широкий набір багатотарифних функцій для обліку електроенергії;

- Можливість виконання вимірювань в багатотарифному режимі і виведення їх на РК-дисплей;

- Можливість зберігання графіків завантаження до 16 каналів. Кількість каналів графіків навантаження, тривалість інтервалу усереднення, вимірювані параметри, за якими будуть накопичуватися графіки навантаження, задаються програмним забезпеченням;

- достовірність інформації про облік електроенергії за рахунок функцій самодіагностики та захисту від несанкціонованого доступу до комерційної інформації;

- Зчитування всіх необхідних даних на портативний комп'ютер через оптичний порт (стандарт IEC 1107)

- Використання незалежних імпульсних виходів і цифрових інтерфейсів RS-232 і RS-485, а також вбудованого GSM модему для роботи лічильника в автоматизованій системі обліку.

Усі виміряні та обчислені дані, у тому числі отримані з інших лічильників по імпульсних каналах, SL 7000 Smart зберігає в енергонезалежній пам'яті. Модель SL 7000 Smart може зберігати графіки навантаження на 16 каналах з періодом збереження графіків до 900 днів. У витратомірах SL 7000 Smart використовується технологія, що використовується в серії SL 7000, яка давно довела свою високу точність і надійність.

Модель SL 7000 Smart вимірює та зберігає значення енергії в пам'яті протягом заданого періоду часу. Після зчитування інформації з лічильника будується графік споживання і вироблення активної і реактивної енергії. Лічильник подає звуковий сигнал при перевищенні заданого порогу потужності, що використовується як попередження, або для відключення, а потім включає навантаження при зниженні потужності, що може автоматично контролювати навантаження і уникнути штрафу за перевищення. Для роботи і зчитування інформації з лічильника розроблено спеціальне програмне забезпечення російською мовою. Лічильник можна запрограмувати тільки за

допомогою спеціального пароля. Існує три рівні спеціальних паролів доступу. Найнижчий рівень дозволяє зчитувати інформацію тільки з лічильників.

Будова лічильника SL 7000 Smart. Лічильник складається з датчиків вимірювальної напруги і струму, спеціалізованого мікропроцесора, що дозволяє з високою точністю проводити всі етапи перетворення сигналу і обчислень в цифровому вигляді, і додаткових електронних плат, що розширюють його функціональні можливості.

Вимірювальна система на базі мікропроцесора SL 7000 Smart обчислює та зберігає дані про енергію та потужність у цифровому вигляді у своїй пам'яті з прив'язкою до часу.

Вимірювальний мікропроцесор отримує сигнали струму і напруги через високолінійні трансформатори струму і резистивні дільники напруги. Аналого-цифрові перетворювачі витягують дискретні значення кожного вхідного сигналу струму і напруги.

Мікропроцесор обчислює значення струму і напруги і передає їх на мікроконтролер.

Мікроконтролер обробляє і зберігає виміряні дані в пам'яті лічильника. Мікроконтролер також використовується для виведення даних на дисплей і передачі їх по інтерфейсах.

Глюкометри SL 7000 Smart оснащені цифровими інтерфейсами, які дозволяють лічильнику обмінюватися даними з персональним комп'ютером. А спеціально розроблене програмне забезпечення дозволяє зчитувати показання з лічильників і обробляти отриману інформацію.

Глюкометри SL 7000 Smart мають такі програмовані автоматичні функції:

- фіксація максимальної потужності під час зміни сезонів;

- автозчитування (самозчитування) лічильника в певний день місяця або через певний інтервал в днях;

- Здійснення дзвінка на комп'ютер верхнього рівня при відключенні і відновленні живлення;

- автоматичний перехід на літній і зимовий час;

- Відображення попереджень на РК-дисплеї при перевищенні заданого порогу потужності;

- функція "Управління навантаженням" - спрацьовування електронного реле при перетині кордону тарифної зони або при перевищенні порогу пропускної спроможності в кожній тарифній зоні;

- Перевірка якості електроенергії при порогових значеннях, завантажених в лічильник;

- Проведення випробувань напругою і струмом навантаження в 00:00 годин і при подачі живлення.

Журнал вимкнення живлення. У журналі відображається кількість відключень електроенергії, загальний (сумарний) час відключень електроенергії, а також дата та час останнього відключення електроенергії та відновлення живлення.

Журнал зв'язку. У журналі зв'язку накопичується загальна кількість підключень до лічильника, а також час і дата програмування і остання модифікація програми лічильника.

Журнал подій. У журналі подій фіксуються факти виходу, відстежуються параметри, що виходять за межі встановлених порогових значень. Фіксуються факти початку і закінчення виходу.

Журнал таймера ПКЗ. У цьому журналі фіксується загальна сума і сумарний час відхилення для кожного параметра.

Інтерфейс каналу зв'язку. Автоматизована система комерційного обліку споживання енергії підприємства ТОВ «СВ» використовує внутрішні телефонні лінії, тому працює з інтерфейсом RS-232, до якого підключаються модеми як від системи, так і від ПК. До такої мережі можна підключати необмежену кількість систем за умови, що час збору даних не обмежений. Модулі Advantech ADAM 4520 використовуються в якості перетворювача протоколів [6].

Технічні характеристики модулів серії ADAM 4000. Загальні технічні характеристики модулів серії ADAM 4000:

1) підсистема послідовного зв'язку;

- Протокол фізичного рівня: EIA RS-485 (двопровідний), управління з дротового комп'ютера;

- курс валют 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 б.п.;

- довжина ділянки мережі – 1200 м;

- світлодіодний індикатор наявності живлення та зв'язку;

- Протокол канального рівня: символьний ASCII з прямою адресацією вузлів;

- Виявлення помилки шляхом перевірки 2-байтової контрольної суми

- режим обміну даними - асинхронний напівдуплексний;

- формат даних в асинхронному режимі: 1 початковий біт, 8 біт даних, 1 стоп-біт без парності;

- Максимальна кількість пристроїв в мережі на один послідовний порт – 256;

- можливість підключати і відключати пристрої без порушення роботи мережі;

- придушення перешкод і перепадів напруги в лініях зв'язку.

2) Вимоги до живлення:

- напруга живлення від 10 до 30 В постійного струму нестабілізована;

- Захист від переполюсовки переполюсовки напруги живлення.

Проект:

- Матеріал корпусу: ABS пластик;

- аксесуари: пластиковий монтажний адаптер для монтажу на DIN-рейку, кронштейн для кріплення на панель;

- Знімаються клемні колодки з гвинтовою фіксацією: перетин жили провідника від 0,5 до 2,5 мм2.

3) Умови експлуатації:

- діапазон робочих температур від -10 до 70°C;

- Температура зберігання від -25 до 85°С;

- відносна вологість повітря від 5 до 95% при температурі 25°С без конденсації.

У таблиці 2.10 узагальнені можливості енергозберігаючих заходів.

Таблиця 2.10 – Можливості енергозбереження в ТОВ «Імпакт»

№	Назва можливості з енергозбереження	Річна економія електричної енергії, тис. кВт · год
1	Модернізація агрегату поперечного різання	343,4
2	Модернізація системи освітлення	99,6
3	Компенсація реактивної потужності	411,5
Просто		854,5

В результаті впровадження енергозберігаючих заходів економія електроенергії складе близько 854,5 тис кВт·год. ·

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів

3.1.1 Модернізація секційного вузла

Ефективність заміни низьконавантаженого електродвигуна поперечного різання визначається виникаючим зниженням втрат активної потужності в двигуні $\Delta P = 3{,}18$кВт:

Економія при реалізації даного заходу становить:

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

$$E = 73 \cdot 3{,}18 \cdot 5200 \cdot 1{,}84 = 357689 \text{грн/рік}$$

Капітальні витрати на здійснення цього заходу складають 486 тис. грн – 3 двигуни за ціною 166857 грн. Кожний.

Простий термін окупності складе, років:

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

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

3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла

Визначимо економію електроенергії в гривнях при заміні люмінесцентних ламп типу ДХО на лампи типу ЛГБ:

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

де *SDRL* - споживана потужність трубок ДХО,

LHB – споживання електроенергії лампами LHB,

b — тариф на електроенергію, 1,84 (грн/кВт·год);

Споживання електроенергії за добу визначається за формулою:

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

$$\Delta W = 273 \text{ кВт / рік.}$$

$$E_{грн} = 273 \cdot 1,04 = 284 \text{(грн/доба)} = 103,5 \text{ тис.грн./рік.}$$

Розрахуємо вартість заміни ламп ДРЛ-400 на лампи ЛХБ-80.

Вірати поділяються на:

- Закупівля 3200 світильників LHB-80 та 1600 світильників L201B;

-доставка.

Витрати на покупку ламп LHB потужністю 80 Вт і L201B.

$$B_{ЛХБ} = Ц \cdot n, \quad (3.5)$$

де C – вартість однієї лампи з лампою, C = 340 грн.

n - число ламп, яке дорівнює 320.

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

Доставка:

$$Wd = 2000 \text{ грн.}$$

Загальні витрати розраховуються за формулою:

$$Bsum = BDRL + BEtc \tag{3.6}$$

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

Тоді простий термін окупності дорівнюватиме:

$$T_{ок} = \frac{B_{сум}}{E_{грн}} \tag{3.7}$$

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

3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності

Термін окупності даної установки визначається виразом:

$$T = \frac{K}{Екк}, \tag{3.8}$$

де K - капітальні витрати на покупку і установку транспортного засобу;

$Еку$ - економія від установки МС.

Загальні зведені витрати визначаються за формулою, грн:

$$З=E_н \cdot K_i + B_i \tag{3.9}$$

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

K_i - капітальні витрати за *і-м* варіантом, грн.;

B_i – експлуатаційні витрати від втрат електроенергії, грн:

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

де має місце втрата потужності в розподільчій мережі 0,4 кВ, що визначається за показаннями лічильника;$\Delta P_{\sum}$

C_w= 1,84 грн/кВт·год – вартість 1 кВт·год електроенергії за даними заводу станом на грудень 2023 року;

$\tau_м$ - Кількість годин максимального випадання:

$$\tau_м = \left(0,124+\frac{T_м}{10000}\right)^2 \cdot 8760 \tag{3.11}$$

де – максимальна кількість використаних годин; 8760 – кількість годин на рік, годин.$T_м$

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

Для варіанту І визначаємо загальні експлуатаційні витрати.

Вартість конденсаторної батареї згідно з прейскурантом на компенсуючий пристрій дорівнюватиме:

$$K_I = C_{кб} \tag{3.12}$$

Експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$B_I=13{,}06\cdot3633\cdot0{,}246\cdot10^{-3}=11.67 \text{ тис.грн},$$

де = 13,06 кВт – втрати потужності в розподільчій мережі 0,4 кВ, визначені за показаннями лічильника.ΔP_{Σ}

Загальні поточні витрати визначаються за формулою:

$$З_I=0{,}223\cdot15{,}65+11{,}67=15{,}16 \text{ тис.грн}.$$

Вихідні дані для підбору потужності наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Визначення техніко-економічних показників опціонів

Назва індикатора		Варіант I	Варіант II	Варіант III
Капітал Вартість, тис.	$K_{кру}$	-	33.3	66.6
	$K_{нку}$	111.6	68.4	-
	$K_{вку}$	-	24.2	44.2
	K_{Σ}	902.4	916.7	987.5
Втрата потужність, 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
Консолідовані витрати, тис.	$З$	132.1	140.7	160.8

Можливість підключення компенсуючого пристрою безпосередньо до шин розподільного пристрою 0,4 кВ має переваги, пов'язані з простотою

обслуговування і можливістю регулювання потужності компенсуючого пристрою. Тому для всіх упакованих трансформаторних підстанцій ми вибираємо підключення компенсаційного пристрою до шин упакованої трансформаторної підстанції.

Таким чином, ми визначаємо різницю в поточних витратах за варіантами II і III щодо базового варіанту I:

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

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

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

,

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

На підставі техніко-економічного порівняння варіантів можна зробити висновок, що варіант з повною компенсацією реактивної потужності на стороні 0,4 кВ і варіант з частковою компенсацією реактивної потужності на стороні 0,4 кВ практично рівноцінні. Подальший підбір варіанту компенсації реактивної потужності пов'язаний з умовами роботи і автоматичним регулюванням потужності компенсуючого пристрою. Варіант I більше відповідає перерахованим вище умовам, тому в підсумку вибираємо варіант I.

Втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту з компенсуючими пристроями розраховуються за формулою:

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

Економія енергії полягає в наступному:

$$\delta\Delta W_T=\Delta W_T-\Delta W_T^I, \quad (3.15)$$

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

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

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

Витрати на автоматизацію та обслуговування обладнання, грн:

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

$$+C_3\cdot\sum S_{номі}+C_4\cdot\sum ВКУ, \quad (3.16)$$

де - відрахування на амортизацію низьковольтних компенсуючих пристроїв, високовольтних компенсуючих пристроїв, трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції, пристроїв для приєднання до мережі високовольтних компенсуючих пристроїв (елемент ДП), %;a_1, a_2, a_3, a_4

o_1,o_2,o_3,o_4 - відрахування на утримання, відповідно, низьковольтних компенсуючих пристроїв, високовольтних компенсуючих пристроїв, трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції, пристроїв приєднання до мережі високовольтних компенсуючих пристроїв (елемент ДП), %;

C_1 - вартість одного низьковольтного компенсуючого пристрою, грн;

$\sum Q_{НКУ}$ - кількість низьковольтних компенсаційних пристроїв, шт .;

C_2 - вартість одного високовольтного компенсуючого пристрою, грн;

$\sum Q_{ВКУ}$ - Кількість високовольтних компенсаційних пристроїв, шт .;

C_3 - вартість одного трансформатора, грн;

$\sum S_{номі}$ - кількість трансформаторів, шт.;

C_4 - вартість одного пристрою для підключення високовольтних компенсуючих пристроїв в мережі (елемент ДП), грн;

$\sum ВКУ$ - Кількість пристроїв для підключення високовольтних компенсаційних пристроїв в мережі (елемент ДП), шт.

Вартість втрат електроенергії, грн:

$$И_{\Delta e}=C_w\cdot(\Delta W_{ктп}+\Delta W_{КЛ10}), \quad (3.17)$$

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

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

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

Зниження витрат на базовий варіант, тис.грн:

$$З_{баз} = И_{а\,о} + И_{\Delta e}, \quad (3.18)$$

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

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

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

Річний економічний ефект:

$$Э_г = З_{баз} - З_I \quad (3.19)$$

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

Результати розрахунків зведені в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 Порівняння техніко-економічного обґрунтування варіантів підключення компенсаційних пристроїв

Назва індикатора		Варіант I	Варіант II	Варіант III
1		2	3	4
Капітал вартості, тис.	$K_{кру}$	-	33.3	66.7
	$K_{нку}$	111.6	68.4	-
	$K_{вку}$	-	24.2	44.2
	K_{Σ}	902.4	916.7	987.5
Втрата Сила	$\Delta P_{ку}$	27.2	22.8	18.9
	$\Delta P_{кл10}$	6.81	8.52	12.74
	ΔP_{Σ}	34.01	31.32	31.64
Втрата 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.		132.1	140.7	160.8
Економічний ефект, тис.		127,70	118,40	113,60

Термін окупності:

$$T=\frac{K_{ку}}{E_{г}}; \tag{3.20}$$

$$T = 111,6 / 127,7 = 0,87 \text{ року.}$$

Економічна ефективність інвестицій:

$$E=1/T \tag{3.21}$$

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

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

3.2 Загальні техніко-економічні показники виконання енергозберігаючих заходів

Капітальні вкладення - це потреби, необхідні для завершення проекту.

Загальна сума капітальних інвестицій на реконструкцію та придбання обладнання становить 2054,6 тис. грн.

Собівартість основних засобів визначається виходячи з суми капітальних вкладень, визначеної зведеним кошторисом собівартості, за винятком витрат, які не пов'язані з поняттям основних засобів.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань основні засоби поділяють на групи таким чином.

Річна норма амортизації основних засобів прийнята з 01.01.2010 р. для нововведених основних засобів відповідно до Закону України «Про оподаткування прибутку юридичних осіб» у таких сумах.

Ефективність капітальних інвестицій характеризується рядом показників, які входять в систему показників економічної ефективності інвестицій:

— рентабельність капітальних вкладень (%) – відношення зростання прибутку до капітальних вкладень, які призвели до цього збільшення;

— специфічні капітальні вкладення;

— Термін окупності капітальних вкладень (роки) - це час, протягом якого проект буде працювати «на себе». При цьому вся сума коштів, що генеруються проектом, що складається з нерозподіленого прибутку і суми амортизаційних відрахувань (тобто чистих грошових потоків), враховується як дохід на початковий вкладений капітал.

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

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

де $\sum K$ - загальна сума капітальних вкладень в енергозберігаючий проект;

$\sum E$ - загальна планова економія за рахунок виконання енергозберігаючих заходів з урахуванням експлуатаційних та інших витрат.

$$\sum K = 0,288 + 0,112 + 0,486 = 0,707 \text{ Мільйон. грн.}$$

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

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

Рентабельність інвестицій:

$$E = 1,256 .$$

В результаті він не перевищує нормативний коефіцієнт, що говорить про доцільність проекту.*E*

У цьому розділі проводиться розрахунок економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів в системі електропостачання ТОВ «Імпакт». Для реалізації цих заходів необхідні капітальні вкладення в розмірі 707 тис. грн.

Використання останнього дозволить ТОВ «Імпакт» досягти таких результатів:

1. Знизити собівартість електроенергії, що споживається підприємством за рахунок зменшення її втрат в системі електропостачання.

2. Отримати сумарний прибуток від зменшення втрат електроенергії у розмірі близько 888 тис грн.

3. Знизити витрати на електроенергію, що споживається підприємством.

4. Підвищення надійності та якості електропостачання підприємства.

Термін окупності капітальних вкладень у впровадження енергозберігаючих заходів в системі електропостачання становитиме 0,8 року. З огляду на те, що ціни на енергоносії (зокрема, електроенергію) в Україні зростають, можна впевнено прогнозувати подальше скорочення терміну окупності.

ВИСНОВКИ

В роботі надано загальну характеристику стану споживачів електричної енергії та споживання електроенергії в ТОВ «Імпакт».

Проаналізовано можливості впровадження енергозберігаючих заходів щодо зниження споживання електричної енергії підприємством з метою підвищення енергоефективності підприємства в цілому. Аналіз показав, що найбільший потенціал для енергозбереження має електроенергія.

Запропоновані енергозберігаючі заходи щодо зменшення споживання електроенергії та втрат дають значний економічний ефект, який станом на січень 2018 року становитиме близько 0,888 млн кВт·год грн/рік.

Найбільш енергоефективними енергозберігаючими заходами на підприємстві є компенсація реактивної потужності та модернізація наскрізного блоку, що дозволяє підприємству скоротити витрати підприємства на електроенергію на суму 0,785 млн грн. грн/рік.

Запропоновані заходи з енергозбереження дали значний економічний ефект, що дає можливість знизити собівартість продукції.

ПОСИЛАННЯ

1. Загірняк М. В., Невалін Б. І. Електроческіе машины [Текст]: підручник. – 2-ге вид., виправлено. і присадок. Київ, Видавництво «Знання», 2009. – 399 с. – ISBN 978-966-336-644-6.

2. Заладний О.М. Енергозбереження за допомогою промислового електроприводу [Текст] / О.М. Заладний, А.В. Проховник, О.І. Соловей. Київ, Видавництво "Кондор", 2005. – 408. – ISBN 966-7665-23-2.

3. волинський, б.с. електротехніка [текст]/ б.а. волинський,. Є.Н. Зейн, В.Є. Шетрніков.-М.: Енргоатоміздат, 1987.-528 с.

4. Качан Ю.Г. Основи енергозбереження [текст]: Конспект лекцій / Ю.Г. Качан.- Запоріжжя: ЗДІА, передрук. 2005.-184 с.

5. Качан Ю.Г. Методичні вказівки до оформлення диплома для студентів спеціальності 7.0000008 "Енергетичний менеджмент" [Текст] / Ю.Г. Качан, В.В. Артем'єв, О.Г. Воронін.-З.: ЗДІА, 2006.-50с.

6. Методи зниження втрат в тепловій мережі [Електронний ресурс] Енергосовет.– Режім ступа: \WWW/ URL: http://www.energosovet.ru/stenergo.php?idd=156 – Назва з екрану.

7. Методи зниження втрат в тепловій мережі [Електронний ресурс] Енергосовет.– Режім ступа: \WWW/ URL: http://www.energosovet.ru/stenergo.php?idd=156 – Назва з екрану.

8. Регулювання обертання синхронних двигунів [Електронний ресурс] Електричні машини.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://www.induction.ru/library/book_002/glava6/6-15.html– Назва з екрану.

9. Частотне регулювання насоса – переваги і недоліки [Електронний ресурс] OptimElectro.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://optimele.ru/articles/poleznye_sovety/chastotnoe_regulirovanie_nasosa_preimushchestva_i_nedostatki/– Заголовок з екрану.

10. Каталог продукції Siemens [Електронний ресурс] Siemens.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://www.siemens-ru.com/taxonomy/term– Шапка з екраном.

11. Частотні перетворювачі ТОВ "Лідер" [Електронний ресурс] Лідер.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://lider-privod.ru/production/chastotnye-preobrazovateli/ – Назва з екрану.

12. Перетворювачі частоти Delta Electronics.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://www.delta-electronics.info/VFD – Заголовок з екрану.