

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 ділянкою
збірних конструкцій будівельного підприємства «СТАМ»

Виконав: студент 3 курсу, групи 6.1411-с
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Єрмаков О. Є.

(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

Єрмакову Олександрю Єгоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності споживання електричної енергії ділянкою збірних конструкцій будівельного підприємства «СТАМ»

керівник роботи Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 26 » грудня 2023 року № 2215 - с

2 Строк подання студентом роботи 11 червня 2024 р.

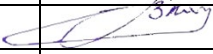





3 Вихідні дані до роботи: найбільшими споживачами електричної енергії є апарати зварювання, електродвигунне навантаження агрегатів та верстатів, освітлення та вентиляція.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії будівельного підприємства «СТАМ» 2) Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання будівельного підприємства «СТАМ» 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз електроспоживання підприємства 2) Схема однолінійна 3) План розміщення обладнання цеху 4) Компенсація

реактивної потужності 5) Схема електрична 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання цеху.


6 Консультанти розділів роботи

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

7 Дата видачі завдання 01.02.2024 р.

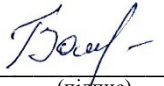
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент  (підпис) О. Є. Єрмаков (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 80 сторінок, 15 рисунків, 23 таблиці, 16 джерел.

Темою дипломного проекту є «Підвищення ефективності споживання електричної енергії ділянкою збірних конструкцій будівельного підприємства «СТАМ».

Об'єкт дослідження - будівельне підприємство «СТАМ», 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 будівельного підприємства «СТАМ», 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.

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

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії будівельного підприємства «СТАМ».....	10
1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження.....	10
1.2 Огляд споживачів електроенергії підприємства	11
1.3 Аналіз електроспоживання підприємства.....	13
1.3.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок	13
1.3.2. Динаміка споживання електроенергії.....	15
1.4 Можливості енергозбереження в цеху.....	17
1.4.1. Використання енергозберігаючих електродвигунів	17
1.4.2. Обґрунтування доцільності застосування компенсації реактивної потужності	20
1.4.3 Перехід на більш ефективні джерела світла	26
2 Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання будівельного підприємства «СТАМ».....	28
2.1 Компенсація реактивної потужності.....	28
2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах.....	28
2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях.....	30
2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв.....	34
2.2 Заміна двигуна агрегату поперечного різання.....	45
2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла.....	47
2.4 Модернізація агрегату поперечного різання зі зміною схеми керування	51
2.4.1 Розрахунок потужності електроприводу агрегату поперечного різання	53

2.5. Вибір засобів вимірювання споживання електричної енергії.....	59
3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.....	67
3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів.....	67
3.1.1 Модернізація агрегату поперечного різання	67
3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла.....	68
3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності.....	69
3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів	76
Висновки.....	79
Перелік посилань.....	80

ВСТУП

Питання економії енергетичних ресурсів набуло великої актуальності і стоїть перед кожним членом сучасного суспільства. Запаси енергоресурсів в Україні зменшуються, а процес їх видобутку стає дедалі складнішим і небезпечнішим. Використання нетрадиційних джерел енергії ще не набуло широкого поширення в Україні, тому єдиним виходом є економія наявних ресурсів. Наразі у світовій енергетиці спостерігається стійка тенденція до збільшення виробництва та споживання енергії, особливо електричної. Навіть з урахуванням значних структурних змін в промисловості та переходу на енергозберігаючі технології, потреби у тепло- та електроенергії в найближчі десятиліття будуть тільки зростати.

В багатьох країнах світу енергозбереження стало одним з ключових пріоритетів енергетичної політики, і питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у всіх секторах економіки з кожним роком стає все більш важливим. Відповідно, головним завданням українського уряду є забезпечення достатнього рівня енергоефективності національної економіки, що є гарантією її незалежності від інших країн.

Отже, основне завдання на шляху підвищення енергоефективності української економіки полягає в тому, щоб зберегти інтелектуальний і творчий потенціал нації та водночас забезпечити ринковий попит на нього.

У процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промислових підприємствах основною стратегічною метою є підвищення енергоефективності. Таким чином, потенціал енергозбереження підприємства можна визначити як систему взаємопов'язаних поточних і перспективних, внутрішніх і зовнішніх можливостей, а також здатностей керівників і персоналу підприємства ефективно використовувати доступні ресурси для підвищення енергоефективності виробництва.

Сучасний економічний стан відкриває багато можливостей для раціонального використання енергоресурсів. Проте, на рівні окремих підприємств ще недостатньо уваги приділяється впровадженню енергозберігаючих технологій. Цей процес ускладнюється через брак фінансових ресурсів, зростання тарифів на енергетичні ресурси, дефіцит кваліфікованого персоналу та відсутність мотивації промислових підприємств до реалізації заходів зі зниження витрат на електроенергію. Тому управління інноваційним розвитком систем енергозбереження та впровадження енергозберігаючих заходів стане можливим лише за умов створення ефективного економіко-організаційного механізму господарювання, що базується на використанні інноваційного потенціалу енергозбереження промислових підприємств. Основний потенціал енергозбереження – це економія енергії у процесі її споживання. Це стосується, насамперед, електричної енергії. Тому вагомим напрямком енергозбереження, для подібних об'єктів, що розглядається в дипломному проекті, є зменшення втрат в проміжних ланках обладнання, споживачах електричної енергії, а також електромережах, в яких втрати сягають 30 відсотків.

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

Втілення розглянутих у роботі заходів у життя є цілком реальною перспективою, і дозволить, за попередніми оцінками, знизити щорічне споживання електричної енергії підприємством «Стам». Собівартість продукції при цьому може суттєво знизитися. У рамках реалізації політики енергозбереження ключовий напрям – удосконалення механізмів фінансування енергозберігаючих заходів, зокрема, заохочення самофінансування їх підприємствами. За відсутності реальних джерел фінансування заходів з енергозбереження доцільно передбачити створення фондів енергозбереження на підприємствах, наповнення яких здійснювалося

б на основі пільгового оподаткування приросту прибутку, отриманого в результаті енергозберігаючих заходів.

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

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «СТАМ»

1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження

Будівельне підприємство «СТАМ» – професійна команда, яка працює на будівельному ринку України з 2001 року. Вже в перші роки компанія показала себе надійним партнером і відповідальним виконавцем, здатним втілити в життя будь-які проекти замовників. Сьогодні ми співпрацюємо з різними компаніями багатьох регіонів країни.

Компанія СТАМ пропонує замовникам широкий спектр робіт:

- проектні роботи будь-якої складності;
- будівництво та реконструкція промислових і сільгоспоб'єктів;
- монтаж металоконструкцій; Влаштування промислових підлог;
- виготовлення та монтаж металопластикових конструкцій;
- продаж високоякісних будматеріалів.

Будівельне підприємство «СТАМ» пропонує повний комплекс послуг з будівництва і реконструкції будівель та споруд – від створення проектної документації до виконання робіт «під ключ».

Ми працюємо з використанням новітніх технологій, ведемо жорсткий контроль на всіх етапах виробничого процесу.

Маючи в своєму розпорядженні фахівців високого класу, якісне обладнання, професійні напрацювання, ми набули величезного досвіду в галузі будівництва. І тому ми можемо запропонувати своїм замовникам високу якість і надійність з урахуванням всіх побажань і переваг.

Співпраця з різними виробниками і постачальниками будівельних матеріалів дозволяє пропонувати замовнику якісний матеріал за

оптимальною ціною, що в свою чергу, призводить до скорочення термінів виконуваних робіт і забезпечення високої якості.

Всі роботи виконуються кваліфікованими фахівцями з використанням тільки передових технологій і сучасних будівельних матеріалів, із суворим дотриманням технологічних нормативів, що дозволяє досягти максимальної якості та довговічності будівельних робіт.

У складі цехового комплексу на території заводу розташовуються: 6 приміщень (складів, цехів) заготовки і комплектуючих (800 м² кожен); 4 цехи механічної обробки (в тому числі з машинами і станами для обробки великогабаритних елементів); 10 складальних цехів - зварювання / механіка / гідравліка / електрика (400 м²кожен); 7 цехів підготовки і ЛКП (440 м² кожен), в тому числі 3 піскоструминних kabіни (18x4) і 5 фарбувальних камер (15x4).

1.2 Огляд споживачів електроенергії підприємства

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

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

2. Група електротехнологічних установок:

а) електротермічні - перетворення електричної енергії в теплову (до них відносяться: печі опору, індукційні печі і установки, дугові електричні

печі, печі електрошлакового переплаву, установки електроннопроменевого нагріву, контактна і дугове зварювання);

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

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

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

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

При всьому різноманітті систем вентиляції, обумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видом шкідливих виділень і т.ін., їх можна класифікувати за наступними характерними ознаками [11]:

1. За способом створення тиску для переміщення повітря:

- з природним;
- з штучним (механічним);

2. За призначенням:

- приточна;
- витяжна;

3. За зоною обслуговування:

- місцева;
- загальнообмінна;

4. За конструктивним виконанням:

- канална;
- безканална.

1.3 Аналіз електроспоживання 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 напругою 0,38 кВ. Також проектом передбачається загальне робоче та аварійне освітлення напругою 220 В.

Структура споживачів, які споживають електроенергію представляється на рисунку 1.1 так: електроприводи - 62%, електричний транспорт - 9%, електротермія та електротехнології - 8%, освітлення та інші споживачі - 21%.

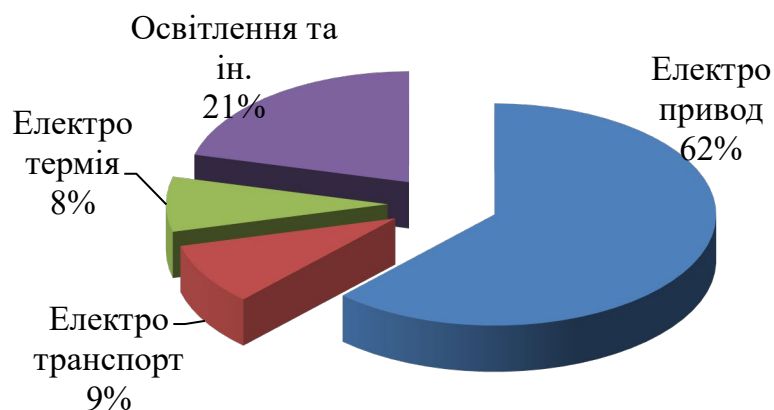


Рисунок 1.1 – Діаграма співвідношення електроенергоспоживання обладнання

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

Таблиця 1.1 – Структура споживачів

№ з/п	Назва	Встановлена потужність	Відсоткове співвідношення, %
1	Загальна встановлена потужність електрообладнання, кВт	1261	100
2	Електроапарати для технологічних процесів, кВт:		
	- електричні печі	136	5,6
	- нагрівання і термообробка:		
	- нагрівальні пристрої	113	0,74
	- електрозварювання	223	12,27
3	Загальна потужність електродвигунів, кВт:	871	100
	- обробка металів різанням	410	54,4
	- електрифікований транспорт	222	22,26
	- вентиляція і кондиціонування	239	25,83
4	Загальна потужність систем освітлення:	170	100
	- зовнішнє	31	15,96
	- внутрішнє	139	84,039

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

1.3.2 Динаміка споживання електроенергії

Динаміка споживання електроенергії у 2016-2023 р. наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Річне споживання електроенергії в 2023 р.

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

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

Таблиця 1.3 - Динаміка споживання електроенергії в 2015-2023 р.

Найменування	Роки		
	2015	2016	2023
Споживання електроенергії, млн. кВт×год	7,36	7,52	8,11
Витрати, млн. грн.	7,65	7,83	8,43

млн.кВт год

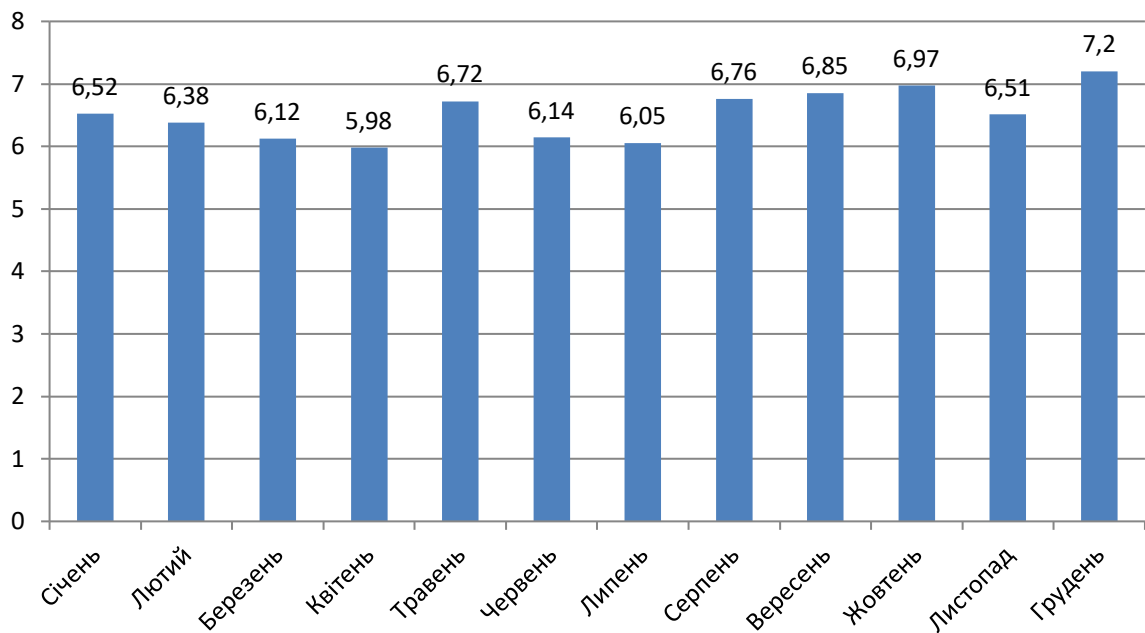


Рисунок 1.3 - Динаміка помісячного споживання електроенергії в 2023 р.

З вищенаведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії підприємством стабільно збільшується. Це пов'язано з ростом випуску товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст обсягу електроспоживання в 2023 р. у порівнянні з 2015 р. склав 10%.

1.4 Можливості енергозбереження в цеху

1.4.1 Використання енергозберігаючих електродвигунів

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Загальні удосконалення асинхронних електродвигунів з підвищеним ККД полягають в:

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

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

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

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

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

1.4.2 Обґрунтування доцільності застосування компенсації реактивної потужності

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

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

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

- малими, практично постійними в зоні номінальної температури довколишнього середовища, втратами активної енергії, що не перевищують 0,4% чи 0,004 кВт/кВАр КУ (для порівняння: в синхронних компенсаторах це значення досягає 10% номінальної потужності компенсатора, а в синхронних двигунах, що працюють в режимі перезбудження - 7%);

- відсутністю частин, що обертаються;
- порівняно незначними капітальними вкладеннями;
- можливістю підбору будь-якої необхідної потужності конденсаторів;
- встановлення їх у будь-яких точках мережі;
- відсутністю шуму під час їхньої роботи;
- простота монтажу и експлуатації.

За допомогою КУ можливі наступні види компенсації:

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

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

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

Централізована (як правило, є регульованою). Застосовується в системах з великою кількістю споживачів, що мають великий розкид коефіцієнту потужності протягом доби, тобто для змінного навантаження. Централізована компенсація може здійснюватись на боці вищої напруги, коли КУ приєднується до шин 6-10 кВ головної знижувальної підстанції (ГЗП) або на боці нижчої напруги. Перший варіант забезпечує гарне використання конденсаторів: їх треба менше та вартість одного квар нижче, ніж при інших варіантах. Проте при компенсації за цією схемою від реактивної потужності розвантажуються тільки розташовані вище ланки розподільної мережі. Розподільні мережі 6 – 10 та 0,38 кВ при цьому не розвантажуються, отже втрати енергії в них не зменшуються, і потужності трансформаторів 6 – 10/0,38 кВ не можуть бути зменшені (таблиця 1.4).

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

на ступені, що окремо комутуються. Такі комплектні КУ називаються автоматизованими. Даний тип КУ виконує КРП відповідно до фактичного споживання реактивної потужності.

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

Таблиця 1.4 - Добовий графік споживання активної потужності ділянкою цеху за 12.12.2023

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

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

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

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

- упорядкування технологічного процесу, що створює кращий енергетичний режим роботи обладнання;
- перемикання обмоток статора асинхронних електродвигунів напругою до 1000В із трикутника на зірку, якщо їх завантаження менше 40%;
- ліквідація режиму роботи асинхронних двигунів без навантаження шляхом встановлення обмежувачів неробочого ходу, коли міжопераційний період більший за 10с;
- заміна або відключення трансформаторів, які завантажені у середньому менше ніж на 30% номінальної потужності;
- заміна незавантажених електродвигунів електродвигунами меншої потужності за умови, що при цьому зменшуються загальні витрати активної

енергії в енергосистемі і електродвигунах;

- заміна асинхронних електродвигунів синхронними тієї ж потужності або застосування синхронних електродвигунів для нового електрообладнання, якщо це доцільно з техніко-економічних міркувань;
- плавне регулювання напруги за допомогою тиристорних пристроїв;
- поліпшення якості ремонту електродвигунів, при якому зберігаються їх номінальні дані.

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

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

Баланс електроспоживання - частина паливно-енергетичного балансу, що складається на підприємстві. Він потрібен для аналізу ефективності використання електроенергії, розробки прогресивних норм витрат електроенергії по окремим агрегатам, цехам та підприємству в цілому, для визначення змін структури електроспоживання, а також для аналізу ефективності заходів з економії електроенергії.

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

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

Витратна частина балансу електроспоживання за звичай враховує окремо:

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

1.4.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

Оскільки, на забезпечення освітлення ділянок підприємства витрачається близько 21% від витрат останнього на електроенергію, то зниження енергоспоживання в даному напрямку є актуальним. Для аналізу системи освітлення підприємства необхідна наступна інформація: Тип встановлених ламп - ДРЛ – 400 (таблиця 1.5, 1.6 та рисунок 1.4).

Таблиця 1.5 – Характеристика ламп ДРЛ - 400

Тип лампи	Напруга, В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Цоколь	Термін експлуатації, годин
ДРЛ-400	220	19000	292	122	P40	10000

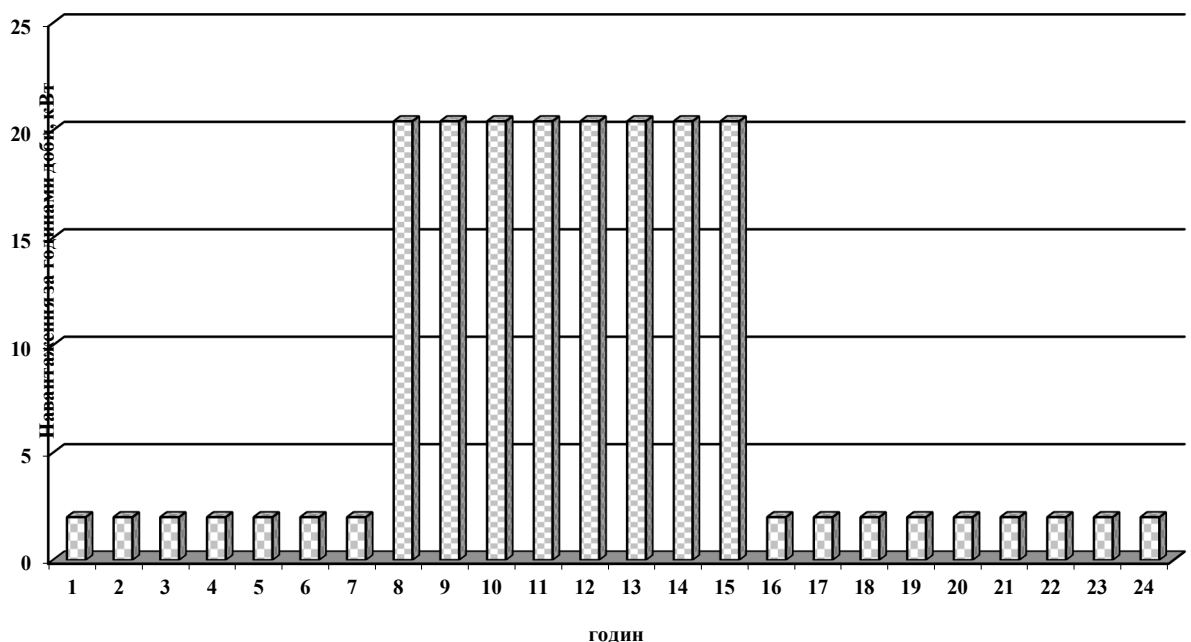


Рисунок 1.4 Добовий графік навантаження освітлювальних установок

Таблиця 1.6 - Характеристика світильника РСП 05-400/Г03

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

- кількість ламп – 48 штук.
- потужність лампи – 400 Вт.
- тип світильника – РСП05-400/Г03.

2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ДІЛЯНКОЮ ЗВАРЮВАННЯ «СТАМ»

2.1 Компенсація реактивної потужності

2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах

Електропостачання підприємства забезпечується двома трансформаторами ТДНС-10000/35-У1, 10000кВА, 35/6кВ. Наведемо в таблиці 2.1 кількість і потужність трансформаторів КТП, від яких живляться цехи і ділянки підприємства.

Таблиця 2.1 – Характеристика трансформаторів

№ підстанції	Найменування ділянки	Потужність трансформаторів, кВА
1	Цех №11	1000
2	Ливарний корпус	1000
3	Зварювальна ділянка	630
4	Компресорна	250
5	Випробувальна ділянка	1000

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

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

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

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

n - кількість трансформаторів;

$k_{з.м.}$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

T_n - річний час включення трансформаторів, годин;

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

Таблиця 2.2 – Паспортні дані трансформаторів

Тип трансформатора	Номінальна потужність, кВ·А	$U_{ном}$, кВ		$U_{к.з.}$, %	$I_{х.х.}$, % $I_{ном}$	Втрати, кВт	
		ВН	НН			хх	кз
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 завантаження трансформаторів визначаємо з формули:

$$k_{з.м.} = \frac{I_{ср}}{I_n}, \quad (2.2)$$

де $I_{ср}$ - середній струм, А;

I_n - номінальний струм низької сторони, А.

Знаходимо струм навантаження:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{н2}} \quad (2.3)$$

За розрахунковий період (рік) спожито:

- активної енергії $E_a = 1818$ тис. кВт·год.

- реактивної енергії $E_p = 1363,5$ тис кВар·год.

Знаходимо середній струм:

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

Визначимо активні втрати в трансформаторі:

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

Річні втрати реактивної електроенергії:

$$\Delta W_{mp.p.} = \Delta Q_{xx} \cdot T_n + k_{3.m}^2 \cdot \Delta Q_{кз} \cdot T_p, \quad (2.5)$$

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

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

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

тоді

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

2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях

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

$$\Delta P_{л} = 3 \cdot K_{\phi}^2 \cdot I_{сep}^2 \cdot l \cdot Re \cdot 10^{-3} \cdot T_p \quad (2.6)$$

$$\Delta Q_{л} = 3 \cdot k_{\phi}^2 \cdot I_{сep}^2 \cdot l \cdot X_e \cdot 10^{-3} \cdot T_p \quad (2.7)$$

де R_e – еквівалентний активний опір лінії, Ом;

X_e – еквівалентний реактивний опір лінії, Ом.

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

$$I_{сep} = \frac{W_a}{T_p \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_{св}} \quad (2.8)$$

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

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

$$I_{сep} = 5,7 \text{ А,}$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт форми графіка навантаження лінії:

$$K_{\phi} = \frac{P_{сp.кв}}{P_{сp}}; \quad (2.9)$$

де $P_{сp}$ - середня потужність,

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

$$P_{сp.кв} = \sqrt{\frac{\sum(P_{сp}^2 \cdot \Delta t)}{T}} \quad (2.10)$$

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

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

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

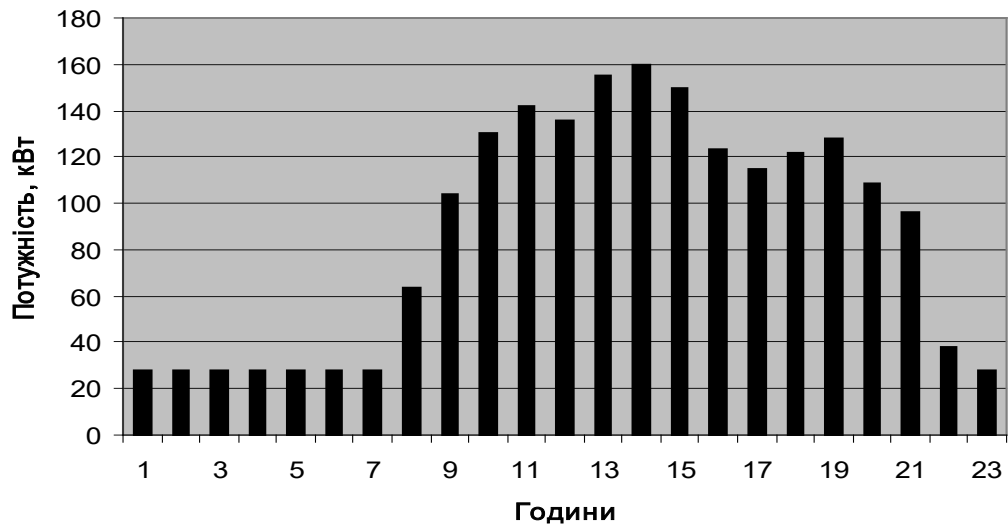


Рисунок 2.1 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2023р.

$$P_{cp} = P_{cp\Sigma} / t_{роб}, \quad (2.11)$$

$$P_{cp.кв.} = 98,11 \text{ кВт.} \quad (2.12)$$

Тоді

$$K_{\phi} = 1,1.$$

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

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

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

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

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

2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв

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

$$Q_{ky} = Q_{роз\Sigma} + \Delta Q_m + \sum \Delta Q_{kmn} - Q_{ед} - Q_{сд} , \quad (2.13)$$

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

ΔQ_m - втрати реактивної потужності у трансформаторах головної знижуючої підстанції ;

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

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

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

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижальної підстанції, квар:

$$\Delta Q_m = n_m \left(\frac{I_x \cdot S_{ном m}}{100} + K_{32}^2 \cdot \frac{U_k \cdot S_{ном m}}{100} \right), \quad (2.14)$$

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

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

$S_{ном\ t}$ - номінальна потужність трансформатора (паспортні данні), кВА;
 K_{32}^2 - коефіцієнт завантаження трансформатора (по даним заводу);
 U_k - втрати короткого замикання в трансформаторі (паспортні данні),%.

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

$$Q_{ед} = P_{роз\Sigma} \cdot tg\varphi_{онт}, \quad (2.15)$$

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

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

Реактивна потужність, що генерують синхронні двигуни, квар:

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

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

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

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

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

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

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижуючої підстанції, квар:

$$Q_{квтн} \approx 0.1 S_{роз}, \quad (2.17)$$

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

Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 2.4, 2.5 у вигляді навантажень «Стам».

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

№ підстанції	Найменування ділянки	Потужність активна, кВт	Потужність реактивна, квар	Марка та перетин КЛ, мм ² (довжина, м)
1	Цех №11	412.3	396.1	ААШв 3×35(250)
2	Ливарний корпус	618.3	390.6	2×ААШв 3×150(400)
3	Зварювальна ділянка	214.2	110.3	ААШ в 3×35(150)
4	Компресорна	245.1	175.2	2×ААШ в 3×35(150)
5	Випробувальна ділянка	492.1	212.3	2×ААШ в 3×35(150)

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

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

№	№ варіанту					
	І варіант		ІІ варіант		ІІІ 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

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

Виходячи з принципу компенсації реактивної потужності, можливі 3 варіанти:

I варіант – компенсуючі прилади розташовані на стороні 0.4 кВ;

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

III варіант – компенсуючі прилади розташовані на стороні 10 кВ.

Розрахункова активна потужність підприємства:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Q_{e0} - економічно доцільна реактивна потужність, яка передається з енергосистеми, квар.

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

Реактивну потужність підприємства можна визначити:

$$Q_{роз\Sigma} = K_{рм\Sigma} (\Sigma Q_{роз} + \Sigma \Delta Q_{КТП}), \quad (2.20)$$

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

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

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

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

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

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

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

$$K_{зг} = 0,604.$$

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

Втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижуючої підстанції:

$$\Delta Q_m = 2 \cdot \left(\frac{0.75 \cdot 1000}{100} + 0.604^2 \cdot \frac{8 \cdot 10000}{100} \right) = 733,7 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність синхронного двигуна:

$$Q_{CD} = 260,9 \text{ квар.}$$

Сумарна потужність компенсуючих приладів визначається:

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

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

$$Q_{нкyI} = Q_{кy\Sigma} = 6050 \text{ квар}$$

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

$$Q_{вкyII} = Q_{кy\Sigma} - Q_{нкy} \quad (2.22)$$

де $Q_{кy\Sigma}$ - сумарна потужність компенсуючих приладів, квар;

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

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

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

Для III варіанту $Q_{нкyII} = 0$.

$$Q_{вкy} = Q_{кy\Sigma} = 6053,7 \text{ квар.}$$

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

Визначаємо втрати потужності в розподільній мережі, кВт:

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

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

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

l – довжина кабельної лінії, км;

$n_{кЛ}$ - число кабельних ліній, шт.

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

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

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

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

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

U_c - номінальна напруга кабельної лінії, кВ.

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

Таблиця 2.6 - Визначення втрат потужності в КЛ-10 кВ

Найменування	Марка та перетин, мм ²	Довжина, м	Опір $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	Варіант I		Варіант II		Варіант III	
				$I_{роз}$, А	ΔP , кВт	$I_{роз}$, А	ΔP , кВт	$I_{роз}$, А	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 вибору компенсуючого приладу можна запропонувати наступний алгоритм:

- вибирається компенсуючий прилад на стороні 0.4 кВ за умов, забезпечення пропускної спроможності трансформатора комплектної трансформаторної підстанції за реактивною потужністю;

- визначаються втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції та головної понижальної підстанції;

- визначаються економічно доцільна реактивна потужність, що передається з енергосистеми та реактивна потужність, що генерується синхронними двигунами;

- з умов балансу реактивної потужності визначається потужність $Q_{вкв}$.

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

Втрати електроенергії в трансформаторах базового варіанту:

$$\Delta W_{\text{кмпн баз}} = 541,4 \text{ МВт}\cdot\text{год.}$$

Втрати електроенергії у кабельних лініях базового варіанту:

$$\Delta W_{\text{КЛ10 баз}} = \Delta P \cdot T_m ; \quad (2.25)$$

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

T_m - число годин максимальних втрат, год.

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

Розрахункова реактивна потужність без компенсуючих приладів, квар;

$$Q_{\text{роз.баз}} = K_{pm} \cdot \sum Q_{\text{роз}} + \Delta Q_{\text{кмпн}} + \Delta Q_m - Q_{\text{сд}} , \quad (2.26)$$

де K_{pm} – коефіцієнт навантаження за реактивною потужністю;

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

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

ΔQ_m - втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції, квар;

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

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

Сумарна розрахункова повна потужність без компенсуючих приладів, кВА;

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції, в.о.:

$$K_{з2} = \frac{S_{роз\Sigma}}{2 \cdot S_{ном т}}, \quad (2.28)$$

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

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

$$K_{з2} = \frac{15354,5}{2 \cdot 10000} = 0,77$$

Для варіанта з компенсуючими приладами розрахункова реактивна потужність:

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

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

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

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

Сумарна розрахункова повна потужність для варіанту з компенсуючими приладами розраховується:

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

Коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції розраховується за формулою:

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

Втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту без компенсуючих приладів:

$$\Delta W_T = 2 (\Delta P_x \cdot 8760 + K_{зг}^2 \Delta P_k \cdot \tau_M) \cdot 10^{-3} \quad (2.30)$$

де P_x - втрати холостого ходу у трансформаторі, кВт;

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

ΔP_k - втрати короткого замикання у трансформаторі, кВт.

$$\Delta W_T = 2 (12 \cdot 8760 + 0,77^2 \cdot 60 \cdot 3633) \cdot 10^{-3} = 468,7 \text{ МВт} \cdot \text{год.}$$

2.2 Заміна двигуна агрегату поперечного різання

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

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_{xx} \cdot (1 - K_n^2) + K_n^2 \cdot Q_n] \cdot K_{i.n} + \Delta P_{xx} + K_n^2 \cdot \Delta P_{в.н.}, \quad (2.31)$$

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

U_n - номінальна напруга, В;

$I_{n.x}$ - струм електродвигуна, А;

$K_n = \frac{P_{cp}}{P_n}$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна;

P_{cp}, P_n - середнє навантаження і номінальна потужність електродвигуна, кВт;

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

η_n - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

$\operatorname{tg} \varphi_n$ - виробнича від номінального коефіцієнта потужності електродвигуна;

$K_{i.n}$ коефіцієнт втрат, $K_{i.n} = 0,1$ кВт/квар;

$\Delta P_{xx} = P_n \cdot (1 - \eta_n) \cdot \gamma / [\eta_n \cdot (1 + \gamma)]$ - втрати активної потужності при неробочому ході електродвигуна, кВт;

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

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

Характеристики однотипних старих двигунів різних установок, встановлених в механічному, магнітопровідному та інших цехах (всього 129 шт.):

$$P_H = 30 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \eta_H = 0,89; \cos \varphi = 0,9; I_{xx} = 16,8 \text{ А}; \Delta P_{xx} = 1,2 \text{ кВт}$$

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

$$K_H = \frac{P_{cp}}{P_H}; \quad (2.32)$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{[(100 - \eta_H) \cdot \Delta P_{xx}]}; \quad (2.33)$$

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

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

Характеристики електродвигуна А2-71-6:

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

$$Q_{xx2} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 13,5 \cdot 10^{-3} = 8,9 \text{ квар};$$

$$K_{H2} = \frac{P_{cp}}{P_{H2}} \quad (2.35)$$

$$\gamma_2 = \Delta P_{xx2} / [(100 - \eta_{H2}) \cdot \Delta P_{xx2}] \quad (2.36)$$

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

Сумарні втрати активної потужності малоавантаженого двигуна:

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

Сумарні втрати активної потужності нового двигуна:

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

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

$$\Delta P = \Delta P_{сум} - \Delta P_{сум2} \quad (2.38)$$

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

2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

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

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

Тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 2.7 – Характеристика ламп ДРЛ - 400

Тип лампи	Напруга, В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Цоколь	Термін експлуатації, годин
ДРЛ-400	220	19000	292	122	P40	10000

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

Таблиця 2.8 Характеристика світильника РСП 05-400/ГОЗ

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

- кількість світильників – 48 штук.
- характеристика поверхні приміщення – коричневий колір.
- кількість чисток на рік – одна.
- розміри приміщення Ш x Д x В = 18 x 60 x 6,5 м.
- є чергове освітлення.
- висота підвісу світильника – $h = 6,5$ м.

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

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

Визначаємо висоту підвісу світильників:

$$h = H - h_p - h_c,$$

(2.39)

де h_c – відстань від світильника до перекриття;

$$h_c = 1,0 \text{ м.}$$

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

Визначимо необхідну кількість світильників для утворення рівномірної освітленості.

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

Кількість рядів світильників можна визначити за формулою:

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

(2.40)

де B – ширина цеху, яка дорівнює 18 м;

$$L_a = \lambda \cdot h,$$

(2.41)

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

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

Кількість світильників в одному ряду:

$$N_{св} = \frac{A}{L_в},$$

(2.42)

де $L_в = L_a$;

A – довжина цеху, яка дорівнює 60 м.

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

Кількість світильників в цеху:

$$N = N_{cv} \cdot N_p. \quad (2.43)$$

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

Розрахуємо освітлення за методом світлового потоку.

Індекс приміщення складає:

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

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

Згідно з додатка приймаємо $\eta = 0,43$.

Визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{зан} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (2.45)$$

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

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15 \dots 1,2$.

Для ДРЛ приймаємо $Z = 1,15$.

η - ККД використання світлового потоку, який являє собою відношення світлового потоку, що падає на робочі поверхні, до загального світлового потоку світильників.

2.4 Модернізація агрегату поперечного різання зі зміною схеми керування

Основна задача керування електроприводами, що працюють у режимі пуску, гальмування і реверса, складається у формуванні діаграми струму, що забезпечує заданий час перехідного процесу. При цьому потрібно форсоване здійснення процесів пуску, гальмування і реверса. Однак, виходячи з вимог пропонованих до розроблювального механізму йому одночасно необхідно забезпечити обмеження ударних навантажень, плавність регулювання, а це означає, що при виборі системи керування повинне враховувати обмеження прискорень і динамічного моменту. Подібний режим потрібно для механізмів прокатних станів. .

Ці якості регулювання (крім швидкодії, надійності й економічності) забезпечує класична система Г-Д.

Однак система Г-Д у даний час моральне застаріла і має в порівнянні із системою ТП-Д ряд недоліків:

- займає велику площу в порівнянні з ТП-Д;
- система має низьку швидкодію через наявність значної сумарної індуктивності в колі якорів двигуна та генератора;
- більш низьку надійність через наявність обертових елементів (як мінімум три – приводні двигуни, генератор і маршовий двигун);
- значна встановлена потужність машин і, як наслідок, значна витрата електроенергії, що і зв'язується з неекономічністю керування.

Тому і виникла необхідність модернізації системи, зміст якої зводиться до заміни системи Г-Д на систему ТП-Д. Однак, незважаючи на перераховані переваги система ТП-Д і сама має ряд недоліків:

- жорсткий гальванічний зв'язок тиристорного перетворювача з мережею;
- наявність вищих гармонійних складових;
- наявність зони переривчастих струмів при роздільному керуванні тиристорами.

Однак розвита в даний час техніка керування має у своєму арсеналі ряд способів для усунення цих недоліків. У цілому проведений аналіз обґрунтовує вибір системи керування тиристорний перетворювач-двигун.

В даний час автоматизовані електроприводи з вентильними перетворювачами знаходять широке застосування в промисловості. Найбільше поширення одержали системи з тиристорними перетворювачами в ланцюзі якоря двигуна, що працюють переважно в режимі пуску, гальмування і реверса. Вони виконуються з двома комплектами вентилів.

Замкнуті системи керування вентильними електроприводами можуть бути виконані з різними негативними зворотними зв'язками: по напрузі і струму; по швидкості і струму. Виходячи з вимог пропонованих до роботи електропривода технологічним процесом, найбільш оптимальної для даного механізму є схема з негативними зворотними зв'язками по швидкості і по струму головного кола з відсіченнями. Використання зворотного зв'язку по швидкості в даному випадку дозволяє здійснити більш стабільне регулювання.

Вимогам, пропонованим до електропривода, відповідає двигун постійного струму. Застосування даного типу електродвигуна сполучено з необхідністю установки тиристорного перетворювача, що перетворить змінний струм існуючої цехової мережі напругою 380У и частотою 50Гц у постійний.

Електропривод барабанних ножиць служить для створення крутного моменту на робочих ножах, через редуктор і шестеренну кліть, необхідного для різання смуги. Двигун повинен працювати в тривалому режимі з постійним навантаженням.

Для забезпеченні всіх умов технологічного процесу необхідно щоб була можливість регулювання швидкості, а при вже обраній швидкості необхідно щоб вона залишалася незмінною. Для можливості виправлення аркушів різної товщини, необхідна наявність системи керування електроприводом.

Вимогам, пропонованим до електропривода, відповідає двигун постійного струму. Застосування даного типу електродвигуна сполучено з необхідністю установки тиристорного перетворювача, що перетворить змінний струм існуючої цехової мережі напругою 380У и частотою 50Гц у постійний.

2.4.1 Розрахунок потужності електроприводу агрегату поперечного різання

Максимальне зусилля різання:

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

де: $k_2 = 1.2$ – коефіцієнт впливу зазору між ножами;

$k_3 = 1.3$ – коефіцієнт впливу притуплення ножів;

Підставимо числові значення:

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

Визначення моменту та потужності різання

Плече прикладення максимального зусилля різання:

$$\alpha = R \cdot \sin \beta \quad (2.47)$$

Максимальний статичний момент різання:

$$M_{piz} = 2 \cdot P \cdot a \quad (2.48)$$

Максимальна потужність різання:

$$N_{piz} = M_{piz} \cdot \frac{\omega_H}{\eta} \quad (2.49)$$

де: $\eta = 0.9$ – ККД ножів та редуктора;

Кутова швидкість ножиць:

$$\omega_H = \frac{V}{R} \quad (2.50)$$

$$P_d \geq 0.9 \cdot N_{piz}$$

Для приводу ножиць вибираємо електродвигун типу 4A160S4УЗ

Потужністю: $P = 15$ кВт

Напругою якоря: $U = 380$ В

Частота обертання: $n = 1465$ хв⁻¹

Коефіцієнт перевантаження та потужності різання:

$$k = \frac{N_{piz}}{N} \quad (2.51)$$

Допустимий коефіцієнт перевантаження: $k = 2.5$;

Як показав розрахунок, обраний раніше двигун повністю підходить під режим роботи машини. Приймаємо його остаточно.

Схема керування електродвигуном постійного струму головного привода барабанних ножиць представлена на рисунку 2.2.

Електродвигун М одержує живлення від реверсивного тиристорного перетворювача UZ1, UZ2, що живиться від трифазної мережі через автоматичний вимикач SA1 і трансформатор TV1. Вимикач SA1 захищений блоками тиристора від коротких замикань. Пульсації випрямленого струму згладжуються реакторами L1.

У схемі передбачена можливість шунтування задатчика інтенсивності ЗИ безконтактним ключем для того, щоб оператор міг швидко вмішатися в роботу привода, впливаючи на зміну швидкості ручкою командоконтроллера, минаючи ЗИ, у випадку виникнення аварії.

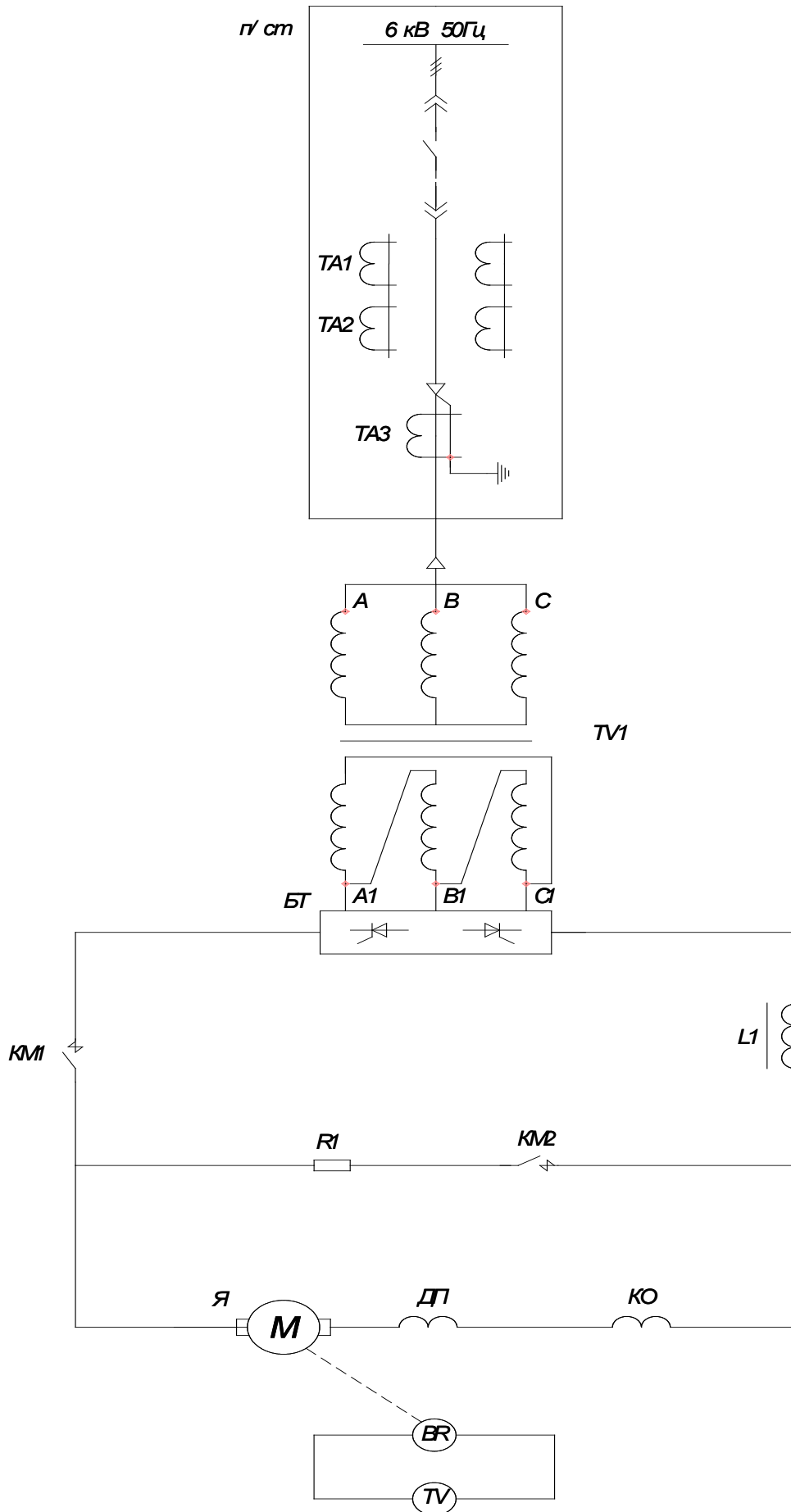


Рисунок 2.3 - Схема живлення двигуна

Система імпульсно-фазового керування СИФУ генерує керуючі імпульси для тиристорів силового блоку $UZ1, UZ2$ і змінює їхню фазу залежно від величини керуючого сигналу на її вході з метою регулювання напруги перетворювача й швидкості електродвигуна. Величина вхідного сигналу $U_{вх}$ СИФУ є функцією величини керуючого сигналу U_y й сигналів зворотних зв'язків, що надходять у схему керування. Керування електродвигуном здійснюється безконтактним командоконтролером SA сельсинного типу з поста керування.

Сигнал змінного струму на виході командоапарата U_y необхідно перетворити в сигнал постійного струму, полярність якого визначалася б фазою напруги U_y , обумовленої у свою чергу положенням ручки командоконтролера. Для цієї мети використовується фазочувствительное випрямний пристрій ФВУ.

Командоапарат SA дає східчастий сигнал керування, що викликає відповідне східчасте збільшення швидкості привода. Швидка зміна швидкості може викликати надмірний кидок динамічного струму, тому приймаються заходи для його обмеження. Із цією метою на вході регулятора швидкості РС замість східчастого сигналу подається сигнал, що змінюється лінійно поля перетворення його в задатчику інтенсивності ЗИ.

За допомогою тахогенератора BR здійснюється негативний зворотний зв'язок по частоті обертання двигуна, а за допомогою датчика струму UA- негативний зворотний зв'язок по струму двигуна. Схема електропривода має два самостійних регулятори: регулятор швидкості РС і регулятор струму РТ. Регулятор швидкості здійснює прийом сигналів завдання швидкості двигуна $U_{зс}$, забезпечення зміна швидкості з певним прискоренням, а також обмежує сигнал $U_{зт}$ припустимим значенням, що часто залежить від величини потоку двигуна, і формує необхідну твердість механічної характеристики електропривода.

Регулятор струму якоря РТ одержує на вході сигнал завдання $U_{зт}$ із виходу регулятора швидкості й сигнал зворотного зв'язку $U_{дт}$ із виходу

датчика струму UA. На виході він формує напругу керування $U_{вх}$ до СИФУ UZ, що визначає кут регулювання тиристорів L. Датчик струму здійснює гальванічний поділ ланцюгів керування від головних ланцюгів і посилення по напрузі. Регулятор струму здійснює таке обмеження швидкості наростання струму, компенсацію впливу ЕДС двигуна на характеристики контуру, вирівнювання струмів навантаження паралельно включених тиристорних перетворювачів.

Живлення двигуна головного привода барабанних ножиців (рис 4.3) здійснюється так: струм з підстанції надходить на трифазний трансформатор із з'єднанням зірка-трикутник, і потім через блок тиристорів надходить на двигун. У ланцюзі є вимикач КМ1 який включається й вимикається ключем-біркою, встановленого на випадок аварії для швидкого знеструмлення двигуна й зупинки процесу виправлення. Також у схемі встановлений тахогенератор, що зчитує оберти, і в схемі керування результат рівняється із заданим.

Визначимо розрахунковий струм навантаження для вибору провідника, що живить електродвигун по формулі:

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

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

Тоді:

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

При виборі перетину провідника за умовою нагрівання необхідно враховувати умови його прокладки. Тому що температура навколишнього

середовища не перевищує 25 °С, обраний кабель перевіряється тільки на умову пропущення розрахункового струму навантаження по формулі:

$$I_{\text{дл.доп.}} \geq I_{\text{розр.}} \quad (2.53)$$

Вибираємо трьохжильний алюмінієвий кабель із паперовою просоченою ізоляцією у свинцевій обмотці перетином жили 70мм² типу АВВ-3×70, що допускає струмове навантаження на який $I_{\text{дл.доп.}} = 50 \text{ А}$.

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

Отже обраний кабель задовольняє умові нагрівання.

Як вимикач навантаження приймаємо автоматичний вимикач серії ВА-53-100 з номінальним струмом відключення 50 А.

2.5 Вибір засобів вимірювання споживання електричної енергії

Розрахунковий облік електричної енергії забезпечується лічильниками електричної енергії, встановленими на межі балансової належності на панелі обліку осередки 35кВ № 347 ПС-330/150/35кВ.

Для організації комерційного обліку використовуються багатотарифні багатофункціональні лічильники електричної енергії типу SL 7000 Smart (110В, 5А, кл.т.0, 5) виробництва ДП Актаріс України. Лічильники забезпечують облік активної і реактивної електроенергії в режимі багатотарифності і внесені в Держреєстр України.

Ланцюги обліку (матеріал, переріз і довжина проводів та кабелів, установка випробувальних блоків, захисних та комутаційних апаратів у вторинних ланцюгах) виконані у відповідності з вимогами ПУЕ.

Передбачена пломбування всіх елементів ланцюгів розрахункового обліку.

Технічний облік електроенергії передбачається на трифазних електронних багатотарифних, багатофункціональних лічильниках електричної енергії типу SL 7000 Smart, що встановлюються на панелі обліку осередки 35кВ № 347 ПС-330/150/35кВ, а також на приєднаннях 6кВ понижувальної підстанції 35 / 6кВ.

Лічильники мають функції багатотарифності вимірювання активної та реактивної енергії і можуть бути інтегровані в подальшому в автоматизовану систему обліку, що дасть можливість побачити всю картину споживання і розподілу електроенергії з урахуванням енергії, споживаної на власні потреби підстанції.

Для комерційного обліку характерна наявність невеликої кількості точок обліку, за якими потрібна установка приладів підвищеної точності, а самі засоби обліку повинні вибиратися з державного реєстру вимірювальних засобів.

Лічильник SL 7000 Smart - це новітня розробка в області обліку електроенергії та організації АСКОЕ. Область застосування лічильника SL 7000 Smart - повний і точний комерційний та технічний облік у великому промисловому й дрібномоторному секторі.

Мікропроцесорні багатофункціональні лічильники електроенергії SL 7000 Smart призначені для обліку активної та реактивної енергії в трифазних ланцюгах змінного струму трансформаторного включення, в одно-і багатотарифних режимах з класом точності 1,0, при цьому число тарифних зон може досягати 16. Лічильник SL 7000 Smart працює в широкому діапазоні робочих струмів і напруг, має високу чутливість. Лічильник SL 7000 Smart вимірює і відображає параметри електричної

мережі - напруги і струми фаз, активну, реактивну й повну потужність трифазної системи, а також сервісні дані.

Абсолютно нові можливості надає лічильник SL 7000 Smart для організації АСКОЕ. Для комунікації лічильника можуть незалежно використовуватися імпульсні входи/виходи і цифрові інтерфейси та навіть вбудований GSM-модем. Цікавою особливістю SL 7000 Smart є те, що додаткові інтерфейси підключаються без відключення лічильника та порушення метрологічних пломб.

Технічні характеристики лічильника електроенергії наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики лічильника

Найменування характеристики	Значення	Примітка
Клас точності	0,5S;1.0	В залежності від виконання
Номінальні напруги, В	57/100, 220/380 63/110, 230/400	В залежності від модифікації
Робочий діапазон, у % від номінального	± 20	
Номінальна частота мережі, Гц	$50 \pm 5\%$	$60 \pm 5\%$ на замовлення
Номінальні (максимальні) струми, А	1(2),1(1,2),1(6) 2(6),2(10),	В залежності від модифікації
Поріг чутливості, по відношенню до номінальної P,%	0,1 0,4	В залежності від модифікації

Функціональні можливості лічильників SL 7000 Smart:

- широкий діапазон багатотарифних функцій з обліку електроенергії;
- можливість виконувати вимірювання в багатотарифному режимі і відображати їх на РКІ;
- можливість зберігання графіків навантаження по 16 каналах. Кількість каналів графіків навантаження, тривалість інтервалу усереднення, вимірювані параметри, за якими будуть накопичуватися графіки навантаження, задаються програмно;
- достовірність інформації про облік електроенергії за рахунок функцій самодіагностики і захисту від несанкціонованого доступу до комерційної інформації;
- зчитування всіх необхідних даних на портативний комп'ютер через оптичний порт (стандарт МЕК 1107);
- використання незалежних імпульсних виходів і цифрових інтерфейсів RS-232 та RS-485, а також вбудованого GSM-модему для роботи лічильника в АСКОЕ.

Всі виміряні та обчислені дані, в тому числі і отримані з інших лічильників по імпульсним каналах, лічильник SL 7000 Smart зберігає в енергонезалежній пам'яті. Можливості лічильника SL 7000 Smart дозволяють зберігати графіки навантаження по 16 каналах, при цьому термін зберігання графіків може досягати 900 днів. У лічильниках SL 7000 Smart застосовується технологія закладена в лічильниках серії SL 7000, давно довела свою високу точність і надійність.

Лічильник SL 7000 Smart вимірює і фіксує в пам'яті значення енергії за встановленим інтервалом часу. Після зчитування інформації з лічильника будується графік споживання і вироблення активної та реактивної енергії. Лічильник видає сигнал про перевищення заданого порогового значення потужності, який використовується як попереджувальний, або для відключення, а надалі включення навантаження при зниженні потужності, що дозволяє автоматично контролювати навантаження та уникнути штрафу за перевищення потужності. Для роботи та зчитування інформації з

лічильника розроблено спеціальне програмне забезпечення російською мовою. Програмування лічильника здійснюється тільки за наявності спеціального пароля. Є три рівня спеціальних паролів доступу. Самий нижній рівень дозволяє тільки зчитувати інформацію з лічильників.

Структура лічильника SL 7000 Smart. Лічильник складається з вимірювальних датчиків напруги і струму, спеціалізованого мікропроцесора, що дозволяє всі етапи перетворень сигналу та обчислень проводити в цифровій формі з високою точністю, і додаткових електронних плат, що розширюють його функціональні можливості.

Мікропроцесорна вимірювальна система лічильника SL 7000 Smart обчислює і зберігає у своїй пам'яті дані енергії та потужності в цифровому вигляді з прив'язкою до часу.

Вимірювальний мікропроцесор отримує сигнали струму і напруги через високолінійні трансформатори струму і резистивні подільники напруги. Аналого-цифрові перетворювачі здійснюють виділення дискретних значень кожного вхідного сигналу струму і напруги.

Мікропроцесор обчислює значення струму та напруги і передає їх до мікроконтролеру.

Мікроконтролер обробляє і запам'ятовує виміряні дані в пам'яті лічильника. Мікроконтролер служить також для відображення даних на дисплеї і передачі їх через інтерфейси.

Наявність у лічильників SL 7000 Smart цифрових інтерфейсів дозволяє здійснювати зв'язок лічильника з персональним комп'ютером. А спеціально розроблене програмне забезпечення дозволяє зчитувати з лічильників і обробляти отриману інформацію.

У лічильниках SL 7000 Smart є наступні програмовані автоматичні функції:

- фіксація максимальної потужності при зміні сезонів;
- авточитання (самосчитування) лічильника у визначений день місяця або через певний інтервал у днях;

- здійснення дзвінка на ЕОМ верхнього рівня при відключенні і відновлення живлення;
- автоматичний перехід на літній і зимовий час;
- відображати на РКІ застереження при перевищенні заданого порогу по потужності;
- функція "управління навантаженням" - спрацювання електронного реле при переході через кордон тарифної зони або при перевищенні порогу по потужності в кожній тарифній зоні;
- виконання тестів якості електроенергії по завантажених в лічильник порогах;
- виконання тестів напруги і струму навантаження в 00:00 годин і при подачі живлення.

Журнал відключення живлення. У журналі відображається кількість відключень живлення, загальний (сумарний) час перерв живлення, дата і час останнього відключення та відновлення живлення.

Журнал зв'язку. У журналі зв'язку накопичується загальна кількість зв'язків з лічильником, а також час і дата програмування та останньої модифікації програми лічильника.

Журнал подій. У журналі подій фіксуються факти виходу відслідковуються параметри за межі встановлених порогів. Фіксуються початок і закінчення фактів виходу.

Журнал таймерів ПКЗ. У цьому журналі фіксуються загальна кількість та сумарний час відхилення по кожному параметру.

Інтерфейс каналу зв'язку. Автоматизована система комерційного обліку енергоспоживання підприємства ТОВ «ЦВ» використовує внутрішньозаводські телефонні лінії, тому працює з інтерфейсом RS-232, до якого приєднані модеми як з боку систем, так і з боку ПК. До такої мережі можна приєднувати необмежену кількість систем за умови, що час збору даних не лімітується. Як конвертор протоколу використовуються модулі ADAM 4520 фірми Advantech [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 від провідного комп'ютера;
 - швидкість обміну 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 біт/с;
 - довжина сегмента мережі 1200 м;
 - світлодіодний індикатор наявності живлення і зв'язку;
 - протокол канального рівня: символний ASCII з безпосередньою адресацією вузлів;
 - виявлення помилок перевіркою контрольної суми довжиною 2 байти;
 - режим обміну даними - асинхронний напівдуплексний;
 - формат даних в асинхронному режимі: 1 старт-біт, 8 біт даних, 1 стоп-біт без контролю парності;
 - максимальна кількість пристроїв у мережі на один послідовний порт – 256;
 - можливість підключення та відключення пристроїв без порушення працездатності мережі;
 - придушення перешкод і викидів напруги в лініях зв'язку.
- 2) вимоги щодо живлення:
 - напруга живлення від 10 до 30 В постійного струму нестабілізованого;
 - захист від зміни полярності напруги живлення.

Конструктивне виконання:

- матеріал корпусу пластик ABS;
- приналежності: пластиковий монтажний адаптер для установки на DIN рейку, кронштейн для установки на панель;
- добувані клемні колодки з гвинтовою фіксацією: перетин жив провідників від 0,5 до 2,5 мм².

3) умови експлуатації:

- діапазон робочих температур від -10 до 70 ° С;
- діапазон температури зберігання від -25 до 85 ° С;
- відносна вологість повітря від 5 до 95% при 25 ° С без конденсації.

В таблиці 2.10 представлені зведені можливості енергозберігаючих заходів.

Таблиця 2.10 – Можливості енергозбереження на «Стам»

№	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
Всього		854,5

В результаті впровадження заходів з енергозбереження, економія електричної енергії 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 агрегату поперечного різання

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

Економія грошових коштів при реалізації даного заходу становить:

$$E = \Delta P \cdot t_{роб} \cdot \epsilon \quad (3.1)$$

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

Капітальні затрати на реалізацію даного заходу становлять 486 тис. грн – 3 двигуни за ціною 166857 грн. кожен.

Простий термін окупності становитиме, років:

$$T = \frac{K}{E} \quad (3.2)$$

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

3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла

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

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

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

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

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

Споживання електроенергії за добу визначається за формулою:

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

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

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

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

Витрати діляться на:

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

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

$$B_{\text{ЛХБ}} = C \cdot n, \quad (3.5)$$

де C – вартість однієї лампи зі світильником, $C = 340$ грн.

n – кількість ламп, яка дорівнює 320.

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

Витрати на доставку:

$$B_{\partial} = 2000 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати знайдемо за формулою:

$$B_{\text{сум}} = B_{\text{ДРЛ}} + B_{\partial} \quad (3.6)$$

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

Тоді простий строк окупності буде дорівнювати:

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

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

3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності

Термін окупності даної установки визначимо за виразом:

$$T = \frac{K}{E_{\text{КК}}}, \quad (3.8)$$

де K - капітальні затрати на придбання та встановлення КУ;

$E_{ку}$ - економія від встановлення КУ.

Сумарні зведені витрати визначаються по формулі, грн.:

$$Z = E_n \cdot K_i + B_i \quad (3.9)$$

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

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

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

$$n_i = \Delta P_{\Sigma} \cdot \tau_m \cdot C_w, \quad (3.10)$$

де ΔP_{Σ} - втрати потужності в розподільній мережі 0.4 кВ, визначається за лічильником;

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

τ_m - число годин максимальних втрат:

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760 \quad (3.11)$$

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

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

Для варіанту I визначаємо загальні приведені витрати.

Вартість конденсаторної батареї за преїскурантом для компенсуючого приладу буде дорівнювати:

$$K_I = C_{кб} \quad (3.12)$$

Експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$B_I = 13,06 \cdot 3633 \cdot 0,246 \cdot 10^{-3} = 11,67 \text{ тис.грн,}$$

де $\Delta P_{\Sigma} = 13,06$ кВт – втрати потужності в розподільній мережі 0,4 кВ, визначається за лічильником.

Загальні приведені витрати визначаються:

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

Вихідні дані для вибору потужності приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Визначення техніко-економічних показників варіантів

Найменування показника		I варіант	II варіант	III варіант
Капітальні Витрати, тис.грн	$K_{кру}$	-	33.3	66.6
	$K_{нку}$	111.6	68.4	-
	$K_{вкү}$	-	24.2	44.2
	K_{Σ}	902.4	916.7	987.5
Втрати потужності, кВт	$\Delta P_{кү}$	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	$\Delta W_{кмпн}$	415.8	460.5	541.4
	$(\Delta W_{кү} + \Delta W_{кл})$	123.6	113.8	46.3
	ΔW_{Σ}	539.34	574.3	587.7
Зведені витрати, тис.грн	Z	132.1	140.7	160.8

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

Таким чином, визначаємо різницю приведених витрат для варіантів II та III відносно базового варіанту I:

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

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

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

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

Виходячи з техніко-економічного порівняння варіантів можна зробити висновок про те, що варіант з повною компенсацією реактивної потужності на стороні 0,4 кВ та варіант з частковою компенсацією реактивної потужності на стороні 0,4 кВ є майже рівноцінними. Подальший вибір варіанту компенсації реактивної потужності пов'язаний з умовами обслуговування та автоматичного регулювання потужності компенсуючого пристрою. Варіант I більше відповідає вище приведеним умовам, тому остаточно вибираємо I варіант.

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

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

Економія електроенергії складає:

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

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

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

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

Витрати на автоматизацію та обслуговування обладнання, грн.:

$$I_{a.o.} = \frac{a_1 + o_1}{100} C_1 \cdot \sum Q_{HKV} + \frac{a_2 + o_2}{100} C_2 \cdot \sum Q_{BKV} + \\ + C_3 \cdot \sum S_{номi} + C_4 \cdot \sum BKV, \quad (3.16)$$

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

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

C_1 - вартість одного низьковольтного компенсуючого приладу, грн.;

ΣQ_{HKV} - кількість низьковольтних компенсуючих приладів, шт.;

C_2 - вартість одного високовольтного компенсуючого приладу, грн.;

ΣQ_{BKV} - кількість високовольтних компенсуючих приладів, шт.;

C_3 - вартість одного трансформатора, грн.;

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

C_4 - вартість одного апарату для приєднання високовольтних компенсуючих приладів в мережі (елемент РП), грн.;

ΣBKV - кількість апаратів для приєднання високовольтних компенсуючих приладів в мережі (елемент РП), шт.

Вартість втрат електроенергії, грн.:

$$I_{\Delta e} = C_w \cdot (\Delta W_{ktn} + \Delta W_{KL10}), \quad (3.17)$$

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

ΔW_{ktn} - втрати електроенергії в трансформаторах, кВт;

ΔW_{KL10} - втрати електроенергії в кабельних лініях, кВт.

Приведені витрати для базового варіанту, тис.грн.:

$$Z_{баз} = I_{a o} + I_{\Delta e}, \quad (3.18)$$

де $I_{a o}$ - витрати на автоматизацію та обслуговування обладнання, тис.грн;

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

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

Річний економічний ефект:

$$\mathcal{E}_2 = Z_{баз} - Z_I \quad (3.19)$$

$$E_2=461000-333300=127,7 \text{ тис.грн./рік}$$

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Техніко-економічне порівняння варіантів підключення компенсуючих пристроїв

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

Термін окупності:

$$T = \frac{K_{ку}}{E_2}; \quad (3.20)$$

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

Економічна ефективність капіталовкладень:

$$E=1/T \quad (3.21)$$

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

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

3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів

Капітальними інвестиціями є потреби, необхідні для здійснення проекту.

Оцінка капітальних інвестицій проводиться з урахуванням витрат на здійснення будівельних робіт, придбання устаткування, оплати монтажних робіт та інше. Сумарні капітальні інвестиції на реконструкцію та купівлю обладнання становлять 2054,6 тис. грн.

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

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

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

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

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

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

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

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

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

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

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

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

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

Ефективність капіталовкладень:

$$E = 1,256 .$$

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

У цьому розділі проведено розрахунок економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів в системі електропостачання «Стам». Для здійснення зазначених заходів необхідні капітальні інвестиції в сумі 707 тис. грн.

Застосування останніх дасть змогу «Стам» досягти наступних результатів:

1. Зменшити витрати на споживану підприємством електричну енергію за рахунок зменшення її втрат в системі електропостачання.
2. Одержати сумарний прибуток від зменшення втрат електричної енергії близько 888 тис. грн.
3. Зменшити витрати на споживану підприємством електричну енергію.
6. Підвищити надійність і якість енергопостачання підприємства.

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

ВИСНОВКИ

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

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

1. Запропоновані енергозберігаючі заходи із зниження споживання і втрат електричної енергії дають значний економічний ефект, який станом на січень 2018 року складе близько 0,888 млн. грн/рік.

2. Найбільш енергоефективними заходами з енергозбереження на підприємстві є компенсація реактивної потужності і модернізація апарату поперечного різання, що дає змогу знизити витрати підприємства на електричну енергію на суму 0,785 млн. грн/рік.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чилікін, М.Г. Загальний курс електроприводу [Текст]: підручник / М.Г. Чилікін, А.С. Сандлер– 6-те вид., переробл. і доповн. - М.: Енергоіздат, 1981.-576с.
2. Фотієв, М.М. Електропривод та електрообладнання металургійних цехів [Текст]: підручник / М.М. Фотієв – Москва: Видавництво «Металургія», 1990.-352с.
3. Копилов, І.П. Електричні машини [Текст]: підручник/ І.П. Копилов – Москва: Видавництво «Енергоатоміздат», 1986.-360 с.
4. Загірняк, М. В. Електричні машини [Текст]: підручник / М. В. Загірняк, Б. І. Невалін. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : Знання, 2009. – 399 с. – ISBN 978-966-336-644-6.
5. Закладний, О.М. Енергозбереження засобами промислового електроприводу [Текст] / О.М. Закладний, А.В. Проховнік, О.І. Соловей. – К. : Кондор, 2005. – 408. – ISBN 966-7665-23-2.
6. Волинський, Б.С. Електротехніка [Текст]/ Б.А. Волинський,. Е.Н. Зейн, В.Е. Шетрніков.-М.: Енергоатоміздат, 1987.-528 с.
7. Тихомиров, А. К. Теплопостачання району міста [Текст]: Навчальний посібник / А. К.Тихомиров. – Хабаровськ : Видавництво «Тихоокеан», 2006. – 135 с. ISBN 5 –7389 – 0515 – 6.
8. Качан Ю.Г. Основи енергозбереження [Текст]: Конспект лекцій/ Ю.Г. Качан.- Запоріжжя: ЗДІА, перевид. 2005.-184 с.
9. Качан Ю.Г. Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент» [Текст]/ Ю.Г. Качан, В.В. Артем'єв, О.Г. Воронін.-З.: ЗДІА, 2006.-50с.
10. Методи зниження втрат в тепломережі [Електронний ресурс] Енергосовет.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.energsovet.ru/stenergo.php?idd=156> – Заголовок з екран.

11. Методи зниження втрат в тепломережі [Електронний ресурс] Энергосовет.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.energsovet.ru/stenergo.php?idd=156> – Заголовок з екран.

12. Регулювання обертання синхронних двигунів [Електронний ресурс] Электричні машини.– Режим доступа : \WWW/ URL: http://www.induction.ru/library/book_002/glava6/6-15.html– Заголовок з екран.

13. Частотне регулювання насоса – переваги і недоліки [Електронний ресурс] ОптимЕлектро.– Режим доступа : \WWW/ URL: http://optimele.ru/articles/poleznye_sovety/chastotnoe_regulirovanie_nasosa_prei_mushchestva_i_nedostatki/– Заголовок з екран.

14. Каталог продукції Siemens [Електронний ресурс] Siemens.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.siemens-ru.com/taxonomy/term>– Заголовок з екран.

15. Частотні перетворювачі ТОВ «Лідер» [Електронний ресурс] Лідер.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://lider-privod.ru/production/chastotnye-preobrazovateli/> – Заголовок з екран.

16. Частотні перетворювачі Delta Electronics [Електронний ресурс] Delta Electronics.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.delta-electronics.info/VFD> – Заголовок з екран.