

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 цехом спеціальних металевих конструкцій ПАТ «Електротехнологія»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1410

спеціальності 141 Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Городніченко А.Л.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Друбєцька Т.І.

(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. Зинь В.Л. Коваленко
« 11 » 06 2024 року

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

Городніченку Антону Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності споживання електричної енергії цехом спеціальних металевих конструкцій ПАТ «Електротехнологія»

керівник роботи Друбецька Тетяна Ігорівна., к.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.


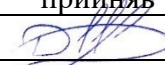


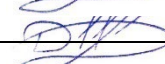

3 Вихідні дані до роботи: 66 % споживається різноманітним двигунним навантаженням, 22% припадає на освітлення приміщень цеху, і 11 % на забезпечення необхідного повітряобміну майстерень, складів та ін.

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

4 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз електроспоживання цеху 2) Схема однопілляна 3) План розміщення обладнання цеху 4) Запропоновані засоби

підвищення ефективності енергоспоживання 5) Схема керування 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання цеху.

5 Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		
Розділ 2	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		
Розділ 3	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		

6 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 ПАТ «Електротехнологія»	01.03.2024	
2	Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання цеху ПАТ «Електротехнологія»	01.04.2024	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів	10.05.2024	

Студент  А.Л. Городніченко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  Т.І. Друбецька
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 77 сторінок, 14 рисунків, 17 таблиць, 16 джерел.

Темою дипломної роботи є «Підвищення ефективності споживання електричної енергії цехом спеціальних металевих конструкцій ПАТ «Електротехнологія»».

Об'єкт дослідження - підприємство ПАТ «Електротехнологія», що використовує достатньо значну кількість енергетичних ресурсів. Предметом роботи є підвищення рівня енергоефективності вищезазначеного підприємства, визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

Метою дипломного проекту є підвищення рівня ефективності електроспоживання цехом попередньої обробки ПАТ «Електротехнологія», визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

В загальній частині розраховані втрати потужності та електроенергії, що дозволило запропонувати декілька заходів з енергозбереження: модернізація загальноцехової системи освітлення з переходом на локальну; компенсація реактивної потужності; заміна двигунів вентиляторів на енергоефективні.

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 ПАТ «Електротехнологія».....	9
1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження.....	9
1.2 Асортимент продукції	9
1.3 Структурні підрозділи заводу.....	10
1.4 Аналіз електроспоживання підприємства.....	11
1.4.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок	11
1.4.2. Динаміка споживання електроенергії.....	12
1.5 Електробаланс підприємства	14
1.6 Можливості енергозбереження на підприємстві.....	18
1.6.1. Використання енергозберігаючих електродвигунів	18
1.6.2. Обґрунтування доцільності застосування компенсації реактивної потужності	19
1.6.3 Перехід на більш ефективні джерела світла	25
2 Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання цеху ПАТ «Електротехнологія».....	32
2.1 Компенсація реактивної потужності.....	32
2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах.....	33
2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях.....	34
2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв.....	37
2.2 Заміна двигунів вентиляторів на енергоефективні.....	48
2.3 Модернізація загальноцехової системи освітлення з переходом на локальну	51
2.5. Вибір засобів вимірювання споживання електричної енергії.....	57

3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.....	65
3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів.....	65
3.1.1 Заміна двигунів вентиляторів на енергоефективні	65
3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла.....	68
3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності.....	67
3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів	74
Висновки.....	76
Перелік посилань.....	77

ВСТУП

У більшості країн світу енергозбереження є одним із головних пріоритетів енергетичної політики, і питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів стає все більш актуальним у всіх секторах економіки. Відповідно, одним із ключових завдань українського уряду є забезпечення належного рівня енергоефективності національної економіки, що є основою її незалежності від інших держав.

Основне завдання на шляху підвищення енергоефективності української економіки полягає в тому, щоб, з одного боку, зберегти інтелектуальний і творчий потенціал нації, а з іншого – забезпечити ринковий попит на цей потенціал.

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

Сучасний економічний стан пропонує численні можливості для раціонального використання енергоресурсів. Однак на рівні окремих підприємств недостатньо уваги приділяється впровадженню енергозберігаючих технологій. Цей процес ускладнюється браком фінансових ресурсів, зростанням тарифів на енергетичні ресурси, дефіцитом кваліфікованого персоналу та відсутністю мотивації у промислових підприємств для реалізації заходів зі зниження витрат на електроенергію. Отже, управління інноваційним розвитком систем енергозбереження та впровадження енергозберігаючих заходів можливе лише за умов створення ефективного економіко-організаційного механізму господарювання, що базується на використанні інноваційного потенціалу енергозбереження

підприємств. Організація ефективного енергетичного менеджменту на промисловому підприємстві - це найважливіше завдання, яке постає перед керівництвом підприємства, що починає діяльність у частині управління ІПЕ. До першочергових заходів щодо організації енергоменеджменту на підприємстві можна віднести:

- організацію структурного підрозділу на підприємстві, який відповідає за раціональне використання енергетичних ресурсів або співробітництво зі спеціалізованими організаціями на основах аутсорсингу;
- формування й підвищення надійності системи прогнозування попиту на енергоресурси;
- проведення енергетичних обстежень споживання електроенергії;
- організацію керування споживанням у години максимумів навантаження енергетичної системи;
- впровадження цільового підходу до витрачання коштів, що виділяються для впровадження програм енергозбереження;
- вивчення й застосування закордонного досвіду енергозбереження;
- лобювання підтримки підвищення енергоефективності в законодавчих та виконавчих державних органах.

Як об'єкт дослідження вибране місцеве підприємство ПАТ «Електротехнологія», що використовує достатньо значну кількість енергетичних ресурсів.

Предметом роботи є підвищення рівня енергоефективності цеху спеціальних металевих конструкцій заводу ПАТ «Електротехнологія», визначення технічної та економічної доцільності, впровадження енергоефективних технологій.

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЦЕХУ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПАТ «ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЯ»

1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження

ПАТ «Електротехнологія» розташовано на території площею більш 11 га в п'яти виробничих корпусах, з 1973 р. спеціалізується на виготовленні спеціального технологічного устаткування для різних галузей промисловості. Наявність більше 500 універсальних і унікальних металоріжучих верстатів, устаткування для зварки, термообробки і гальванічних покриттів, а також кваліфікованого персоналу дозволяє виготовляти широкий спектр устаткування: автоматичні лінії різання рулонної сталі на смуги і карти, лінії виготовлення труб електрозварювань, устаткування для різання і гнучкості листового і сортового прокату, для транспортування і складування штучних вантажів, для виготовлення і ремонту силових трансформаторів, для механізації металургійних процесів, різне пресове і інше устаткування по замовленнях. Дане устаткування в перебігу довгого часу працює на трансформаторних, металургійних, автомобільних і інших підприємствах України і зарубіжних країн.

1.2 Асортимент продукції

В даний час в номенклатурі підприємства:

- комплекти устаткування (міні-заводи для виробництва труб електрозварювань).
- гамма ліній продольного і поперечного розкрою.

- станки для виготовлення відкритого профілю.
- преса просічно-втяжні для виготовлення суцільнотягнутих ришіток із сталевих аркушів.
- ножиці гільйотинні для різання листового металу.
- вальці для гнучкі фланців і дуг з прокатного профілю (смуга, уголок, швелер).
- станки ножовочно-відрізні.
- преси брикетування деревних відходів, торфу і ін.
- кромкогиби гідромеханічні.
- вальці правильні і гібочні.
- обладнання для виробництва силових трансформаторів.
- склади малогабаритні автоматизовані типу РСБК-50.
- установки для виготовлення будівельних блоків з ґрунту.
- устаткування для виготовлення витих стрічкових магнітопроводів.
- установки вакуумного напилення алюмінію на папір або плівку.
- товари народного вжитку(санки дитячі, візки, овочева тара і ін.).
- обладнання і металокопії по спеціальних замовленнях.

1.3 Структурні підрозділи заводу

Виконання виробничої програми забезпечують наступні цеха та ділянки:

Цех попередньої обробки.

Цех оснащено необхідним технологічним обладнанням та оснащенням:

- машинами для термічної різки листового металу типу «Кристал», в т.ч. із неіржавіючої сталі товщиною 5-60 мм;

- гільотинними ножицями (товщина різки до 20 мм, ширина до 3150 мм);
- пресами для холодної штамповки (потужність 250 і 160 тс);
- кронкострогальними стаканами для підготовки кромки під зварювання;
- спеціалізованим інструментом для ремонту теплотехнічного обладнання;
- зварювальними постами для ручного електродугового зварювання в середовищі вуглекислого газу та аргону.

В складі цеху знаходяться такі ділянки:

- ділянка підготовки виробництва;
- ділянка зборочно-зварювальних робіт;

Механічний цех.

Цех оснащено універсальними металоріжучим обладнанням: токарними, фрезерними, свердлильними, долбінними, заточними та відрізними верстатами. В складі цеха знаходяться такі ділянки:

- станкова ділянка;
- ділянка зборки-зварювання оснащення, малих архітектурних форм;

1.4 Аналіз енергоспоживання підприємства

1.4.1 Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок

Основними споживачами електричної енергії на підприємстві 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 220В.

Основні електроприймачі механічного цеху:

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

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

- мостові крани;

- освітлення (освітлення у виробничих цехах – світильники з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-1000 та ДРЛ-700 – 700 шт., освітлення галереї пучків – з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-400 (300 шт.) і ДРЛ-250 (10 шт.), освітлення периметру заводу – з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-250 (60 шт.) і ДРЛ-125 (60 шт.); освітлення в адміністративних і побутових приміщеннях виконано світильниками з люмінесцентними лампами типу ЛБ-36 (2000 шт.); освітлення в туалетах, КНС, побутових приміщеннях – з лампами розжарювання (500 шт.);

- вентиляція (приточних та витяжних вентиляційних установок, теплових завіс, АПВС – близько 230 од. (в т.ч. 32 од. приточних вентиляційних установок потужністю 30-50 кВт).

1.4.2 Динаміка споживання електроенергії

Динаміка споживання електроенергії у 2016-2023 р. наведена у таблиці 1.1.

Дані про місячне споживання електроенергії основними споживачами та тарифи на електроенергію 2023 р. [2] представлені в таблиці 1.2 і динаміка місячного споживання електроенергії на рисунку 1.1.

Таблиця 1.1 - Динаміка споживання електроенергії в 2022-2023 р.

Роки	2022	2023
Споживання електроенергії, тис. кВт год	1610	1818
Витрати, тис. грн.	1074,80	1213,75

Таблиця 1.2 - Річне споживання електроенергії за 2023 р.

Місяць 2023 р.	Споживання електроенергії, тис. кВт год	Витрати, тис. грн.
Січень	174,4	256,368
Лютий	158,25	232,6275
Березень	163,74	240,6978
Квітень	142,21	209,0487
Травень	131,5	193,305
Червень	134,16	197,2152
Липень	133,64	196,4508
Серпень	126,63	186,1461
Вересень	132,99	195,4953
Жовтень	164,15	241,3005
Листопад	157,6	231,672
Грудень	198,73	292,1331
Усього	1818	5344,92

млн.кВт·год

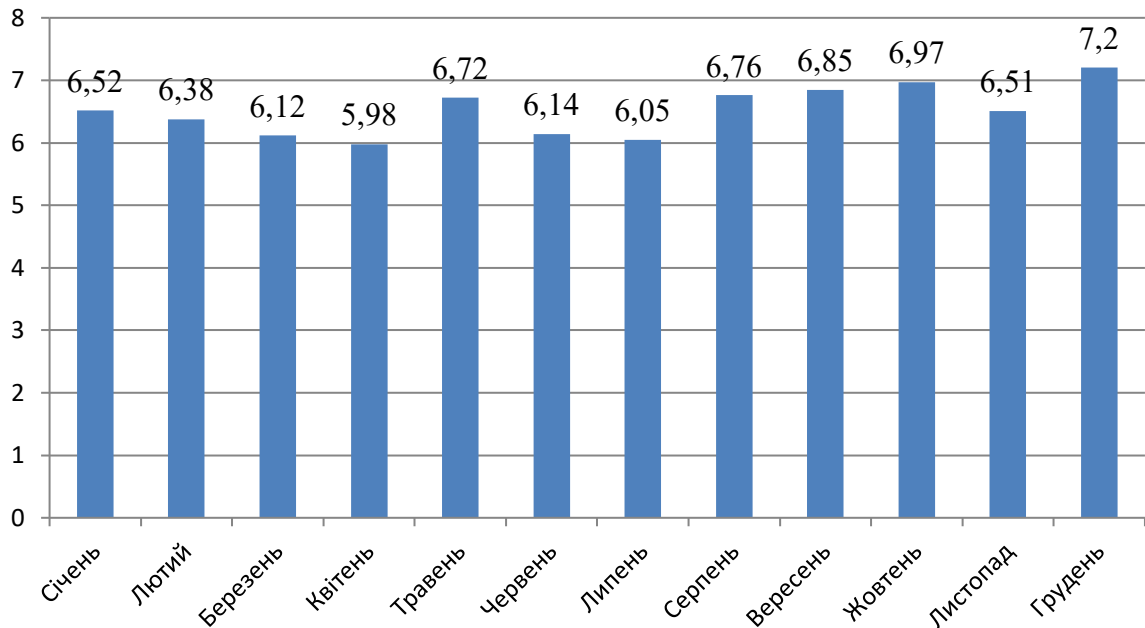


Рисунок 1.1 - Динаміка помісячного споживання електроенергії в 2023 р.

З вищенаведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії заводом стабільно збільшується. Це пов'язано з ростом випуску товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст обсягу електроспоживання в 2023 р. у порівнянні з 2020 р. склав 13%.

1.5 Електробаланс підприємства

Для одержання інформації про те де саме і в якій кількості споживається енергія, необхідно ознайомитися якомога ґрунтовніше з виробничим процесом на об'єкті.

Як правило для одержання цих знань необхідне обговорення з керівництвом виробничих дільниць, екскурсія на підприємство і складання схеми технологічного процесу (блок-схеми процесу). Для кожного елемента

блок-схеми визначається вхідні потоки енергії і сировини, потоки виробів, а також відгалуження і втрати.

На основі доступної інформації і візуальних перевірок оцінюють відносні танення потоків енергії і втрат та складають список основних споживачів енергії як на виробничі потреби так і на опалення та інші потреби для створення належних, умов праці

Для визначення споживання енергії кінцевими енергоприймачами корисним може бути використання інформації від додаткових лічильників, чи інших вимірювачів, якщо вони наявні.

Особливу увагу слід звернути на крупних споживачів енергії. Невелика відносна економія для крупного споживача часто виявляється значнішою (й легше досяжною), ніж велика відносна економія для малого споживача Це, однак, не означає, то дрібними споживачами можна нехтувати, але початкові зусилля слід зосередити на тих ділянках, де одержання значних заощаджень є найімовірнішим.

Час, необхідний для ознайомлення з технологічним процесом, залежить від розмірів підприємства і рівня інформаційного забезпечення. Нижче кожен із згаданих кроків розглянутий детальніше.

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 складаемого на підприємстві паливно-енергетичного балансу. 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.

Всі об'єкти, на яких проводиться енергоаудит, повинні мати вимірювальне обладнання, принаймні, це можуть бути лічильники підприємства, за якими здійснюють розрахунки за комунальні послуги. Деякі

підприємства можуть мати розвинену мережу додаткових лічильників Крім того, завжди є можливість використати тимчасові портативні вимірні прилади. Безпосереднє вимірювання саме енергії здійснюють по суті лише лічильники електроенергії. За допомогою, наприклад, амперметра чи струмовимірних кліщів вимірюють лише один показник споживаної енергії, а саме - струм Термометром можна виміряти концентрацією енергії. Визначити енергію, що пішла на нагрівання води, можна за показами лічильника гарячої води. Вимірюючи параметри викидів, наприклад, димових газів, можна визначити втрати енергії з цими викидами.

Навіть коли неможливе безпосереднє вимірювання витрат енергії, існують посередні методи їх оцінки. Ці методи базуються на елементарних законах фізики і здійснюються за допомогою простого і недорогого обладнання.

Споживання енергії чи енергоносіїв можна також визначити за показами стаціонарних або тимчасових, вимірників, які дають значення певних параметрів, що стосуються споживання енергії. Щоб звести ці покази до одиниць споживання енергії, необхідні певні припущення щодо інших параметрів процесу споживання енергії. Так для визначення потужності споживання електроенергії за величиною струму, одержуваною з допомогою стаціонарного амперметра чи струмовимірних кліщів, необхідно знати також значення напруги і коефіцієнта потужності без великої похибки їх можна прийняти номінальними для даного електроприймача (вказані на його щитку). Для визначення витрат енергії за показами параметра необхідно знати ентальпію пари та ентальпію конденсату. Визначення споживання енергії за вимірниками тривалості роботи можливе для обладнання, яке працює зі сталим навантаженням.

Однак, в багатьох випадках досвідчений енергоаудитор може оцінити вплив кожного з тих факторів, значення яких за часткових вимірювань не визначається, і відповідно скорегувати показники енергоспоживання.

Споживання енергії може бути виміряне також посередньо. Аналіз даних, одержаних для змінних виробничих умов, часто дає кількісні показники для розподілу вимірених витрат енергії на компоненти енергоспоживання. Найчастіше для нього використовують метод регресивного аналізу і метод тестового контролю.

Метод регресивного аналізу являє собою математичний прийом, що ґрунтується на порівнянні кількості використаної енергії з іншою змінною, від якої може залежати споживання енергії. Наприклад, можна порівнювати значення місячного споживання енергії з випуском продукції підприємством за відповідний місяць. Регресивний аналіз поділяє обсяг спожитої енергії на стале споживання (тобто на ту кількість енергії, яка необхідна для підтримання на підприємстві нульового рівня виробництва) та змінне споживання (кількість енергії, яка витрачається на виробництво продукції і залежить від її обсягу). Регресивний аналіз також дає характер залежності зміни кількості енергії від кількості продукції, що виробляється. Найпростішою є лінійна залежність - так звана лінійна регресія. Існують також різного виду нелінійні залежності і, відповідно, квадратична, показникова, експоненційна, логарифмічна регресії. Регресивний аналіз дозволяє виявити шляхи заощадження енергії, встановити обґрунтовані рівні споживання і контролювати використання енергії.

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.

Інколи ця частина балансу може містити також непрямі втрати електроенергії на основний технологічний процес внаслідок його недосконалості, а також витрати електроенергії на допоміжні потреби (вентиляція, транспорт), якщо їх можна визначити по лічильнику.

Визначення енергобалансу проводимо за формулою [4]:

$$W_{\text{спож}} = W_{\text{кор}} + \Delta W_{\Sigma}, \quad (1.1)$$

де $W_{\text{спож}}$ - споживана з мережі електроенергія,

$W_{\text{кор}}$ - енергія, затрачувана на використання корисної роботи,

ΔW_{Σ} - втрати при споживанні, розподілі й перетворенні енергії.

За показниками лічильника, встановленого на розподільчій мережі, були отримані значення кількості енергії

$W_{\text{спож}} = 449446$ кВт.год/рік спожита з мережі електроенергія.

$W_{\text{кор}} = 399564$ кВт.год/рік енергія, затрачена на використання корисної роботи.

$\Delta W_{\Sigma} = 49882$ кВт.год/рік втрати.

1.6 Можливості енергозбереження на підприємстві

1.6.1 Використання енергозберігаючих електродвигунів

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 найнижчі 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.

1.6.2 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 напругою 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 й експлуатації.

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. 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.

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

Таблиця 1.3 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2023р.

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

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.

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 (рисунок 1.2).

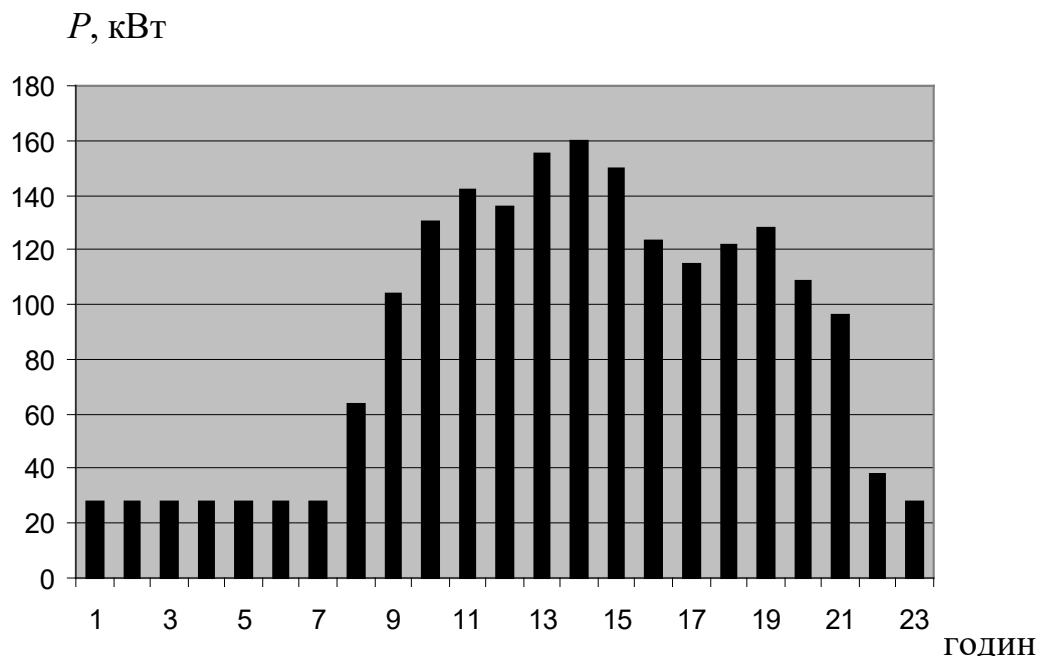


Рисунок 1.2 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2023р.

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.

1.6.3 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 (таблиця 1.1 та 1.2, рисунок 1.3):

- тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 1.1– 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 1.2 - 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

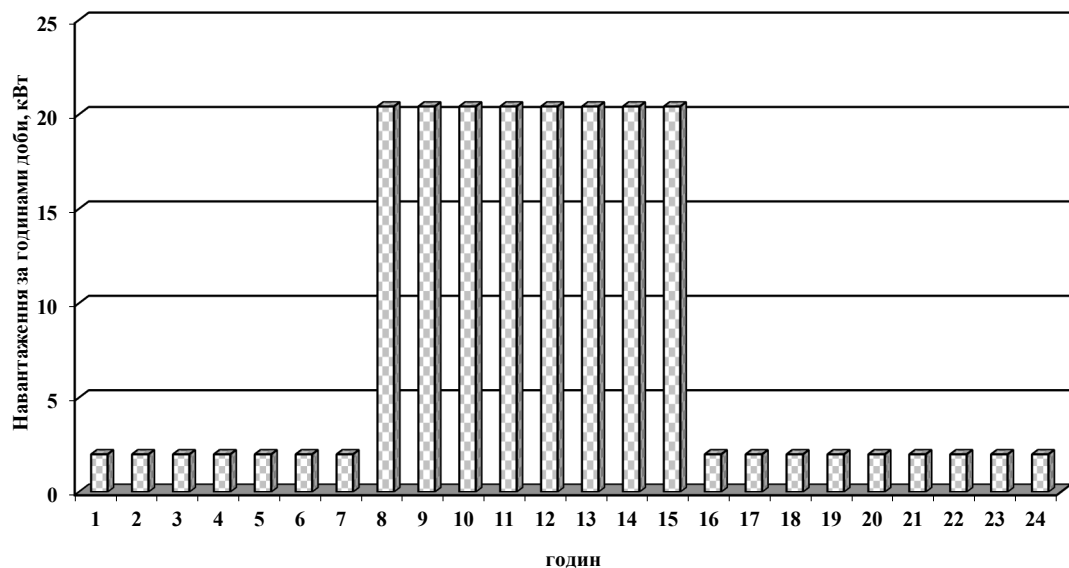


Рисунок 1.3 Добовий графік навантаження освітлювальних установок

1.6.4 Обґрунтування доцільності застосування АСКОЕ на підприємстві

З плином часу актуальність проблем, пов'язаних з обліком енергоресурсів, зростає. На сьогоднішній день через багаторазове подорожчання енергоресурсів їх частка в собівартості продукції для багатьох промислових підприємств різко зросла і становить 20-30%. Фактор високої вартості енергоресурсів обумовив в останні роки кардинальні зміни ставлення до організації енергообліку в промисловості та інших енергоємних галузях.

Вирішення проблем енергообліку на підприємстві вимагає створення автоматизованих систем контролю й обліку енергоресурсів (АСКОЕ).

За призначенням АСКОЕ підприємства підрозділяють на системи комерційного та технічного обліку. Комерційним, або розрахунковим обліком називають облік виробленої і відпущеної споживачу (підприємству) енергії для грошового розрахунку за неї. Відповідно прилади для комерційного обліку називають комерційними або обліковими.

Комерційний облік консервативний, має усталену схему електропостачання, для нього характерна наявність невеликої кількості точок обліку, за якими потрібна установка приладів підвищеної точності, а засоби обліку нижнього та середнього рівнів АСКОЕ повинні вибиратися з державного реєстру вимірювальних засобів. Крім того, система комерційного обліку в обов'язковому порядку пломбується, що обмежує можливості внесення до неї будь-яких оперативних змін з боку персоналу підприємства [4].

Рівень споживання електроенергії ПАТ «Електротехнологія» визначається з одного боку енергоємністю встановленого обладнання, а з іншого боку - режимами його експлуатації, які задаються персоналом підприємства безпосередньо на робочих місцях, виходячи з виробничих потреб.

Основними цілями впровадження АСКОЕ ПАТ «Електротехнологія» є:

- підвищення точності і надійності обліку електроенергії та потужності;
- оперативний контроль роботи об'єктів обліку електроенергії (підвищення надійності експлуатації точок обліку електроенергії);
- визначення балансу електроенергії по підприємству-замовника (точний облік втрат електроенергії);
- міжмашинний обмін інформацією про електроспоживання (підвищення оперативності та достовірності обліку електроенергії).

Основними завданнями впровадження АСКОЕ ПАТ «Електротехнологія» є:

- підвищення ефективності використання енергоресурсів;
- забезпечення енергозбереження та раціонального використання електроенергії;
- економія грошових коштів підприємства-замовника в оплаті за спожиту електроенергію.

АСКОЕ ПАТ «Електротехнологія» забезпечує цілодобовий режим роботи вимірювальних елементів системи, сигналізує про наявність або пропажі інформаційного зв'язку між підрівнями при опитуванні лічильників електроенергії та веде журнал опитування, з назви фідера, дати й часу приходу останніх даних з опитуваного лічильника, а також повноту даних по фідерах об'єкта. Опитування всіх лічильників електроенергії входять до складу автоматизованої системи, необхідно проводити не менше одного разу на добу.

АСКОЕ ПАТ «Електротехнологія» має можливість модернізації, тобто, збільшення кількості точок електроенергії, зокрема для створення технічного обліку споживання електроенергії структурними підрозділами підприємства-замовника, збільшення кількості автоматизованих місць користувача системи, а також зміни конфігурації системи.

Персонал АСКОЕ ПАТ «Електротехнологія» складається не менше ніж з трьох осіб інженерно-технічного персоналу підприємства-замовника: особа

відповідальна за АСКОЕ, інженер з обліку енергоресурсів та інженер-програміст.

Склад функцій що реалізуються автоматизованою системою.

У число основних функцій проектованої автоматизованої системи входять:

- вимірювання, обробка, накопичення, зберігання і відображення багатфункціональними лічильниками електроенергії вимірювальної інформації про спожиту (видану) активну та реактивну енергії та потужності;
- об'єднання вимірювань отриманих з лічильників встановлених на точках розрахункового обліку, в єдині вимірювання за групами обліку електроенергії підприємства-замовника;
- вимірювання енергії та потужності на заданих тимчасових інтервалах і при необхідності за тарифними зонами доби;
- визначення максимальних потужностей за добу і при необхідності за тарифними зонами доби;
- формування і друк звітних документів;
- накопичення, зберігання і відображення даних, що надходять з лічильників, в базу даних АСКОЕ на підприємства-замовника;
- ведення архівів заданої структури;
- захист вимірювальної інформації та метрологічних характеристик системи від несанкціонованого доступу та змін;
- контроль працездатності системи;
- конфігурування системи.

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії призначена для автоматичного вимірювання, збору, обробки, зберігання, відображення і документування інформації про надходження, розподіл та споживанні електричної енергії.

Призначення автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії - забезпечення високоточного комерційного обліку активної та реактивної електричної енергії у відповідності до вимог енергоринку.

Однорівнева АСКОВЕ ПАТ «Електротехнологія» підрозділяється на два підрівня (нижній і верхній), які виконують свої наступні функції. Нижній рівень системи забезпечує збір даних, їх первинну обробку та зберігання в енергонезалежній пам'яті для подальшої передачі верхнього рівня системи. Передача даних від нижнього рівня здійснюється по підтримуваному нижнім рівнем каналу зв'язку, до якого належить комутований телефонний зв'язок з використанням модему [5].

Функції нижнього підрівня автоматизованої системи:

- автоматичний облік споживання активної електроенергії, споживання та генерації реактивної електроенергії по точках обліку;
- передача даних про електроспоживання з точок обліку електроенергії на верхній підрівень системи.

Верхній рівень системи утворений біля автоматизованих робочих місць, які об'єднані в локальну обчислювальну мережу.

Функції верхнього підрівня автоматизованої системи:

- обробка даних надходять з нижнього підрівня системи та надання отриманої інформації у зручному для аналізу вигляді;
- оперативний автоматичний контроль та облік параметрів електроспоживання по точках і групам розрахункового обліку електроенергії, в цілому по підприємству;
- зберігання в базі даних електроспоживання ВАТ «Електротехнологія» добових параметрів електроспоживання по активній енергії, реактивної енергії в двох напрямках у цілому по підприємству, по групах обліку, в кожній точці обліку протягом не менше 365 діб;
- зберігання в базі даних електроспоживання ПАТ «Електротехнологія» 30-хвилинних значень навантаження по активній потужності, реактивної потужності у двох напрямках у цілому по підприємству, по групах обліку, в кожній точці обліку протягом не менше 365 діб;
- формування балансу електроенергії по підприємству, по об'єкту обліку;

- організація інтерфейсу користувача;
- забезпечення видачі даних про електроспоживання підприємства в суміжні автоматизовані системи з використанням різних каналів зв'язку;
- автоматизована передача даних про електроспоживання підприємства у ПАТ «Електротехнологія»;
- надання звітних форм відображення отриманих даних про електроспоживання підприємства.

2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЦЕХУ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПАТ «ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЯ»

2.1 Компенсація реактивної потужності

Електропостачання цеху 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 2.2).

Таблиця 2.1 – Характеристика трансформаторів цеху

№ з/п	Найменування ділянки	Потужність, кВА
КТП 1	Ділянка зварювання	2×1000
КТП 2	Механічна ділянка	2×630

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

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

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	Номинальна потужність, кВ·А	$U_{ном}, \text{кВ}$		$U_{к.з.}, \%$	$I_{х.х.}, \%$ $I_{ном}$	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.

Річний час включення трансформаторів:

$T_n = 8760$ годин;

Знаходимо середній струм:

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

Визначимо активні втрати в трансформаторі:

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

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

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

2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях

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

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

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

Для розрахунку коефіцієнта форми графіка навантаження лінії розглянемо добовий графік навантаження цеху за 12.12.2023 (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2023

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

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

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.

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

де K_ϕ – коефіцієнт форми графіка навантаження лінії:

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

де $P_{ср}$ - середня потужність,

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

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

$$P_{ср} = \frac{P_{ср\Sigma}}{t_{роб}}, \quad (2.11)$$

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

Тоді

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

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

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

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

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

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

2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв

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

$$Q_{ky} = Q_{роз\Sigma} + \Delta Q_m + \Sigma \Delta Q_{kmn} - Q_{ed} - Q_{cd}, \quad (2.13)$$

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 ;

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

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

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижальної підстанції, квар:

$$\Delta Q_m = n_m \left(\frac{I_x \cdot S_{ном\ T}}{100} + K_{3\Gamma}^2 \cdot \frac{U_k \cdot S_{ном\ T}}{100} \right), \quad (2.14)$$

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

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

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

$K_{3\Gamma}^2$ - коефіцієнт завантаження трансформатора (по даним заводу);

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

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

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

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

$tg\varphi_{onm}$ - коефіцієнт потужності, заданий енергосистемою.

Реактивна потужність, що генерують синхронні двигуни, квар:

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

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:

$$Q_{кмп} \approx 0,1 S_{роз}, \quad (2.17)$$

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

У якості прикладу розглянемо варіант вибору компенсуючих пристроїв для трансформаторної підстанції, схема електропостачання якої приведена на листі графічної частини. Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 2.4, 2.5 у вигляді навантажень окремих цехів.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для вибору потужності КУ.

№ з/п	Найменування ділянки	Потужність активна, $P_{роз}$, кВт	Потужність реактивна $Q_{роз}$, квар	Повна потужність $S_{ном т}$, кВА
КТП 1	Цех попередньої обробки	412.3	396.1	2×1000
КТП 2	Ливарний корпус	618.3	390.6	2×1000
КТП 3	Зварювальна ділянка	214.2	110.3	2×630
КТП 4	Компресорна	245.1	175.2	2×250

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.

Розглянемо вибір сумарної потужності компенсуючих приладів з умов балансу реактивної потужності (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

№ з/ п	№ варіанту					
	I варіант		II варіант		III варіант	
	Потужність трансформаторів, кВА	Потужність реактивна, квар	Потужність трансформаторів кВА	Потужність реактивна $Q_{ку}$, квар	Потужність трансформаторів $S_{ном т}$, кВА	Потужність реактивна $Q_{ку}$, квар
1	1000	1050	1000	500	1000	-
2	1000	900	1000	600	1000	-
3	1000	750	1000	300	1600	-
4	630	800	630	600	1000	-
5	250	200	250	-	250	-

Розрахункова активна потужність підприємства:

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

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

Економічно доцільну реактивну потужність з мережі визначимо по формулі:

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

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;

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

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

Реактивну потужність підприємства можна визначити:

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

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

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

$$K_{32} = \frac{12084,9}{2 \cdot 10000} = 0,604.$$

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

Втрати реактивної потужності в трансформаторах головної знижуючої підстанції:

$$\Delta Q_T = 2 \cdot \left(\frac{0,75 \cdot 1000}{100} + 0,604^2 \cdot \frac{8 \cdot 10000}{100} \right) = 733,7 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність синхронного двигуна:

$$Q_{СД} = 260,9 \text{ квар.}$$

Сумарна потужність компенсуючих 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:

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

Для II варіанту сумарна номінальна потужність компенсуючого приладу на стороні 0,4 кВ $Q_{нкуII} = 3200$ квар. Розподілення конденсаторної батареї по комплектним трансформаторним підстанціям приведено в таблиці 2.7. Тому

необхідна додатковий пристрій компенсуючого пристрою 10 кВ потужністю, яка визначається з формули:

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

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:

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

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_{KL} - число кабельних ліній, шт.

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

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

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

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

Q_{HKV} – 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 КЛ	Марка та перетин кл, мм ²	Довжина ,	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	92.5	3.39	99.7	3.94	108.4	4.96
РУ-КТП2	ААШВ 3х35	0.2	36.1	0.87	36.1	0.87	51.4	2.51
РУ-КТП3	ААШВ 3х35	0.1	41.6	0.46	52.6	0.78	64.7	1.12
РУ-КТП4	ААШВ 3х35	0.1	24.8	0.33	26.2	0.55	36.4	0.71
РУ-КТП5	ААШВ 3х35	0.1	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:

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

Втрати електроенергії у кабельних лініях базового варіанту:

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

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

T_m - число годин максимальних втрат, год.

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

Розрахункова реактивна потужність без компенсуючих приладів, квар;

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

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

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

ΔQ_{kmn} - втрати реактивної потужності в трансформаторах комплектної трансформаторної підстанції, квар;

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

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

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

Сумарна розрахункова повна потужність без компенсуючих приладів, кВА;

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

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.:

$$K_{32} = \frac{S_{роз\Sigma}}{2 \cdot S_{ном\ m}}, \quad (2.28)$$

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

$S_{ном\ m}$ - 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:

$$K_{з2}^I = \frac{12259,6}{2 \cdot 10000} = 0,61 \text{ в.о.}$$

Втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту без компенсуючих приладів:

$$\Delta W_T = 2 (\Delta P_x \cdot 8760 + K_{з2}^2 \Delta P_k \cdot \tau_M) \cdot 10^{-3} \quad (2.30)$$

де P_x - втрати холостого ходу у трансформаторі, кВт;

$K_{з2}$ - коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції,

о.е.;

ΔP_k - втрати короткого замикання у трансформаторі, кВт;

T_m - число годин максимальних втрат, год.

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

2.2 Заміна двигунів вентиляторів на енергоефективні

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

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

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

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

U_H - номінальна напруга, В;

$I_{n.x}$ - струм електродвигуна, А;

$K_H = \frac{P_{cp}}{P_H}$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна;

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

$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \text{tg } \varphi_H$ - реактивна потужність електродвигуна при номінальному навантаженні, квар;

η_H - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

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

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

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

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

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

Характеристики однотипних старих двигунів різних установок, встановлених цеху:

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

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

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

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

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

Характеристики електродвигуна А2-71-6:

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

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

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

$$\Delta P_{в.н.2} = P_{H2} \cdot (1 - \eta_{H2}) / [\eta_{H2} \cdot (1 + \gamma_2)] \quad (2.37)$$

Сумарні втрати активної потужності двигуна:

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

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 Модернізація загальноцехової системи освітлення з переходом на локальну

Оскільки, на забезпечення освітлення ділянок ПАТ «Електротехнологія» 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 механічного цеху, необхідна наступна інформація:

- тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 2.8– Характеристика ламп ДРЛ - 400

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

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

Таблиця 2.9 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 х Д х В = 18 х 60 х 6,5 м.
- є чергове освітлення.
- висота підвісу світильника – $h = 6,5$ м.

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

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

Визначаємо висоту підвісу світильників:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (2.39)$$

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:

$$N_p = \frac{B}{L_a}, \quad (2.40)$$

де B – ширина цеху, яка дорівнює 18 м;

$$L_a = \lambda \cdot h, \quad (2.41)$$

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

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

Кількість світильників в одному ряду:

$$N_{св} = \frac{A}{L_{св}}, \quad (2.42)$$

де $L_{св} = L_a$;

A – довжина цеху, яка дорівнює 60 м.

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

Кількість світильників в цеху:

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

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

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.

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

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

Вибираємо світильник типу Л201Б з лампою Feron LB715 потужністю $P_{н.о.i} = 15$ Вт зі світловим потоком $\Phi_n = 1350$ лм.

Таблиця 2.10 – Характеристика ламп Feron LB715

Тип лампи	Напруга мережі по лампі, В	Світловий потік, лм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Цоколь	Термін експлуатації, годин
LB715	220/102	1350	90	48	E27	30 000

Таблиця 2.11 – Характеристика світильників Л 201 Б

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

Встановлена потужність освітлювальних установок:

$$P_{н.о} = P_{н.о.i} \cdot N, \quad (2.45)$$

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

Максимальне навантаження освітлення

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

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

Згідно довідника $K_c = 0,95$.

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

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

Встановлена потужність освітлювальних установок за формулою:

$$P_{н.о.} = 400 \cdot 48 = 19200 \text{ Вт} = 19,2 \text{ кВт.}$$

Максимальне навантаження освітлення:

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

Економія електроенергії в кВт год/добу визначається за формулою:

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

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

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

$C_{ДРЛ} = 195,36$ кВт год/добу, з яких $C_1 = 8 \cdot 20,42 = 163,36$ (кВт год) -
приходиться на пікові години; $C_2 = 16 \cdot 2 = 32$ (кВт год) – приходиться на
нічні години.

$C_{ЛХБ} = 127,2$ кВт год/добу, з яких $C_3 = 8 \cdot 11,9 = 95,2$ кВт год -
приходиться на пікові години (таблиця 2.12);

$$\Delta W = 195,36 - 127,2 = 68,16$$

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

Таблиця 2.12 – Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження

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

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

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.

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.

Функціональні можливості лічильників SL 7000 Smart:

- широкий діапазон багатотарифних функцій з обліку електроенергії;
- можливість виконувати вимірювання в багатотарифному режимі і відображати їх на ПК;
- можливість зберігання графіків навантаження по 16 каналах.

Кількість каналів графіків навантаження, тривалість інтервалу усереднення, вимірювані параметри, за якими будуть накопичуватися графіки навантаження, задаються програмно;

Технічні характеристики лічильника електроенергії SL 7000 Smart наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Технічні характеристики лічильника SL 7000 Smart

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

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 MEK 1107);

- використання незалежних імпульсних виходів і цифрових інтерфейсів RS-232 та RS-485, а також вбудованого GSM-модему для роботи лічильника в АСКОВЕ.

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:

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.

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.

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 2.14 представлені зведені можливості енергозберігаючих заходів на ВАТ «Електротехнологія».

Таблиця 2.14 – Можливості енергозбереження на ПАТ «Електротехнологія»

№ з/п	Назва можливості з енергозбереження	Річна економія електричної енергії, тис. кВт · год
1	Заміна двигунів вентиляторів	343
2	Модернізація загальноцехової системи освітлення з переходом на локальну	148
3	Компенсація реактивної потужності	411
Всього		902,9

В результаті впровадження заходів з енергозбереження, економія електричної енергії складе близько 902,9 тис. кВт · год.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів

3.1.1 Заміна двигунів вентиляторів на енергоефективні

Ефективність заміни двигунів вентиляторів на енергоефективні визначається одержаним зниженням втрат активної потужності в двигуні

$\Delta P = 3,18 \text{ кВт}$:

$$E = 129 \cdot \Delta P \cdot t_{роб} \cdot \epsilon \quad (3.1)$$

$$E = 73 \cdot 3,18 \cdot 5200 \cdot 1,84 = 228000 \text{ грн/рік}$$

Простий термін окупності становитиме:

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

$$T = \frac{712}{639} = 1,114 \text{ років.}$$

3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла

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

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

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

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

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

Споживання електроенергії за добу визначається за формулою:

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

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

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

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.

$$B_{ЛХБ} = Ц \cdot n, \quad (3.5)$$

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

n – кількість ламп, яка дорівнює 320.

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

$$B_{\partial} = 2000 \text{ грн.}$$

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:

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{597}{275} = 2,17 \text{ років.}$$

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;

$E_{\text{кк}}$ - економія від встановлення КУ.

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

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;

$C_w = 1,84 \frac{\text{грн}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$ – 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:

$$K_I = C_{\text{кб}} \quad (3.12)$$

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	-
	$K_{вкy}$	-	24.2	44.2
	K_{Σ}	902.4	916.7	987.5
Втрати потужності, кВт	$\Delta P_{кy}$	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	$\Delta W_{кtn}$	415.8	460.5	541.4
	$(\Delta W_{кy} + \Delta W_{кл})$	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:

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

Економія електроенергії складає:

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

$$\delta \Delta W_T = 468,7 - 372,5 = 96,2 \text{ МВт} \cdot \text{год},$$

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.:

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

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.;

$\sum Q_{HKV}$ - кількість низьковольтних компенсуючих приладів, шт.;

C_2 - вартість одного високовольтного компенсуючого приладу, грн.;

$\sum Q_{BKV}$ - кількість високовольтних компенсуючих приладів, шт.;

C_3 - вартість одного трансформатора, грн.;

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

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

$\sum BKU$ - кількість апаратів для приєднання високовольтних компенсуючих приладів в мережі (елемент РП), шт.

Вартість втрат електроенергії, грн.:

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

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

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

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

Приведені витрати для базового варіанту, тис.грн.:

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

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

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

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

Річний економічний ефект:

$$E_2 = Z_{\text{баз}} - Z_I \quad (3.19)$$

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

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	$\Delta W_{кттн}$	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:

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

$$T = 812/765 = 1,06 \text{ років.}$$

Економічна ефективність капіталовкладень:

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

$$E = 1/1,06 = 0,945.$$

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 придбання устаткування, оплату монтажних робіт та інше. Сумарні капітальні інвестиції на реконструкцію та купівлю обладнання становлять 409 тис. грн.

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

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

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.

$$\sum K = 0,597 + 0,812 + 0,712 = 1,409 \text{ млн. грн.}$$

$$\sum E = 0,275 + 0,765 + 0,639 = 1,04 \text{ млн. грн.}$$

$$T = \frac{1,409}{1,04} = 1,35 \text{ років.}$$

Ефективність капіталовкладень:

$$E = \frac{1}{1,35} = 0,74$$

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 ПАТ «Електротехнологія». Для здійснення зазначених заходів необхідні капітальні інвестиції в сумі 1409 тис. грн.

Застосування останніх дасть змогу ПАТ «Електротехнологія» досягти наступних результатів:

1. Зменшити витрати на споживану електричну енергію за рахунок зменшення її втрат в системі електропостачання.
2. Одержати сумарний прибуток від зменшення втрат електричної енергії близько 1040 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 1,35 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 ПАТ «Електротехнологія».

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. Модернізація системи освітлення передбачає відмову від загальноцехового освітлення і перехід на локальне на базі енергоефективних світлодіодних ламп Feron LB715. Капітальні витрати на реалізацію заходу складуть близько 597 тис. грн., термін окупності не суттєво перевищить два роки. Економія коштів за рахунок цього заходу складе 275 тис. грн. на рік.

2. Пропонується впровадити компенсацію реактивної потужності задля зменшення витрат підприємства на реактивну енергію, а також зменшення втрат в самій системі. Баланс активної та реактивної енергії після впровадження запропонованого заходу з енергозбереження показав, що споживання реактивної енергії з мережі знизилось на 72,4%, втрати в кабельних лініях на 20,4% та втрати в трансформаторах на 16,9%. Капітальні витрати при цьому становлять 812 тис. грн., термін окупності складає один рік. Економія коштів за рахунок енергозберігаючого заходу складе 765 тис. грн. на рік.

3. Зменшення споживання електричної енергії від впровадження всіх вище перелічених заходів складе близько 565 тис. кВт год на рік. При капітальних вкладеннях близько 1,4 млн грн., простий термін їх окупності складає від 1,06 до 2,2 років.

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 доступу : \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. 05.06.19 – Заголовок з екран.

13. Частотне регулювання насоса – переваги і недоліки [Електронний ресурс] Оптим Электро.– Режим доступа : \WWW/ URL: http://optimele.ru/articles/poleznye_sovety/chastotnoe_regulirovanie_nasosa_pri_mushchestva_i_nedostatki/05.06.19 – Заголовок з екран.

14. Каталог продукції Siemens [Електронний ресурс] Siemens.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.siemens-ru.com/taxonomy/term> 05.06.19 – Заголовок з екран.

15. Частотні перетворювачі ТОВ «Лідер» [Електронний ресурс] Лідер.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://lider-privod.ru/production/chastotnye-preobrazovateli/> 05.06.19 – Заголовок з екран.

16. Частотні перетворювачі Delta Electronics [Електронний ресурс] Delta Electronics.– Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.delta-electronics.info/VFD>. 05.06.19 – Заголовок з екран.