

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз заходів зі зменшення споживання електричної енергії ремонтно -  
відновлюваним цехом ПАТ «Запоріжжяобленерго»

Виконав: студент 5 курсу, групи ЕТ-17-16з  
спеціальності 141 Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Кривко А.Є.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.

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

Рецензент Артемчук В.В.

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

Запоріжжя  
2022

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

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М. \_\_\_\_\_  
Кафедра електротехніки та енергоефективності  
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. Залуж В.Л. Коваленко  
« 25 » 05 2022 року

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

Кривку Артему Євгеновичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Аналіз заходів зі зменшення споживання електричної енергії ремонтно - відновлюваним цехом ПАТ «Запоріжжяобленерго»

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

затверджені наказом ЗНУ від « 17 » січня 2021 року № 91 - с

2 Строк подання студентом роботи 16 травня 2022 р.







3 Вихідні дані до роботи: Потужність споживачів електричної енергії основного обладнання – 986 кВт; структура електроспоживання: електротермія – 4 %, електропривід агрегатів – 54 %, освітлення – 22 %, вентиляція – 12 %.

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

5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз електроспоживання підприємства 2) План розміщення обладнання цеху 3) Схема однолінійна цеху 4) Запропоновані заходи підвищення енергоефективності 5) Кінематична схема

станка 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання цеху.

### 6 Консультанти розділів роботи

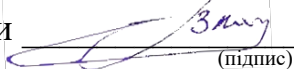
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 2	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 3	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання 01.02.2022 р.

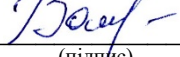
### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії ремонтно - відновлюваним цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго»	01.03.2022	
2	Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання ремонтно - відновлюваним цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго»	01.04.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.	10.05.2022	

Студент  (підпис) А.С. Кривко (ініціали та прізвище)

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

### Нормоконтроль пройдено

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

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 88 сторінок, 8 рисунків, 22 таблиці, 20 джерел.

Темою дипломного проекту є Аналіз заходів зі зменшення споживання електричної енергії ремонтно - відновлюваним цехом ПАТ «Запоріжжяобленерго».

Об'єкт дослідження – цех підприємства ПАТ «Запоріжжяобленерго». Предметом роботи є підвищення рівня енергоефективності вищезазначеного підприємства, визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

Метою дипломної роботи є підвищення рівня ефективності електроспоживання ремонтно – відновлюваного цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго», визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

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

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

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

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз можливостей впровадження заходів з економії електричної енергії ремонтно - відновлюваним цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго».....	10
1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження.....	10
1.2 Інвестиційна програма ПАТ «Запоріжжяобленерго».....	14
1.3 Система менеджменту якості підприємства.....	16
1.4 Огляд споживачів електроенергії підприємства.....	17
1.5 Аналіз електроспоживання підприємства.....	19
1.5.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок .....	19
1.5.2. Динаміка споживання електроенергії.....	21
1.6 Можливості енергозбереження в цеху .....	23
1.6.1. Використання енергозберігаючих електродвигунів .....	23
1.6.2. Обґрунтування доцільності застосування компенсації реактивної потужності .....	27
1.6.3 Перехід на більш ефективні джерела світла .....	32
2 Впровадження заходів щодо підвищення ефективності електроспоживання ремонтно - відновлюваним цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго».....	46
2.1 Компенсація реактивної потужності.....	46
2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах.....	46
2.1.2 Розрахунок втрат потужності в лініях.....	49
2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв.....	52
2.2 Заміна асинхронних двигунів енергоефективними.....	63
2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла.....	65
3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.....	71

3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів.....	71
3.1.1 Заміна асинхронних двигунів двигунами меншої потужності.....	71
3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла.....	72
3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності.....	73
3.1.4 Економічне обґрунтування заміни освітлення в допоміжних приміщеннях цеху.....	80
3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів .....	83
Висновки.....	86
Перелік посилань.....	87

## ВСТУП

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

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

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

В процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промисловому підприємстві основною стратегічною метою є підвищення енергоефективності, отже поняття потенціалу енергозбереження підприємства можливо визначити як систему взаємопов'язаних поточних та перспективних, внутрішніх та зовнішніх можливостей, мобілізаційних здатностей керівників та персоналу підприємства до перетворення доступних вхідних ресурсів з метою підвищення енергоефективності виробництва.

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

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

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

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



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

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

# 1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ РЕМОНТНО - ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ЦЕХУ ПАТ «ЗАПОРІЖЖЯОБЛЕНЕРГО»

## 1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження

Публічне акціонерне товариство «Запоріжжяобленерго» було засноване відповідно до наказу Міністерства енергетики та електрифікації України від 3 липня 1995 року № 115 шляхом виділення з Виробничого енергетичного об'єднання «Дніпроенерго» та створення Державної акціонерної енергопостачальної компанії «Запоріжжяобленерго» відповідно до Указу Президента України від 4 квітня 1995 року № 282/95 «Про структурну перебудову в електроенергетичному комплексі України». Колишнє виробничо-енергетичне підприємство «Дніпроенерго», яке об'єднувало Запорізьку, Дніпропетровську та Кіровоградську області, було розділено на енергогенеруючу та три енергопостачальні компанії, в тому числі — «Запоріжжяобленерго».

Діяльність Державної акціонерної енергопостачальної компанії «Запоріжжяобленерго» почалася з видання 30 липня 1995 року наказу № 1 «Про організацію діяльності Державної акціонерної енергопостачальної компанії «Запоріжжяобленерго», до складу якої було включено: Запорізькі центральні електричні мережі; Запорізькі міські електричні мережі; Запорізькі східні електричні мережі; Мелітопольські електричні мережі; Комбінат комунальних послуг. Засновником ДАЕК «Запоріжжяобленерго» була держава, в особі Міністерства енергетики та електрифікації України.

31 жовтня 1996 року Фонд державного майна України прийняв рішення про приватизацію ДАЕК «Запоріжжяобленерго» (наказ ФДМУ № 24 – ДПК від 31 жовтня 1996 року). 25.04.2000 року рішенням загальних зборів акціонерів Державну акціонерну енергопостачальну компанію «Запоріжжяобленерго»

перейменовано у Відкрите акціонерне товариство «Запоріжжяобленерго» з правонаступництвом усіх прав та обов'язків, яке є юридичною особою-суб'єктом підприємницької діяльності та відноситься до стратегічно важливих підприємств.

На загальних зборах акціонерів ПАТ «Запоріжжяобленерго» 30.04.2004 року затверджено рішення про ліквідацію структурних одиниць та структурних підрозділів Товариства, як відокремлених, з присвоєнням їм статусу невідокремлених виробничих структурних підрозділів з підпорядкуванням їх до управління Товариства.

З 15.09.2004 року затверджено штатний розклад ПАТ «Запоріжжяобленерго» та введені у дію Положення про невідокремлені виробничі структурні підрозділи Товариства і діяльність Товариство розпочало у відповідності з затвердженою організаційною структурою управління ПАТ «Запоріжжяобленерго».

01.02.2017 на підставі рішення Загальних зборів акціонерів назву товариства змінено на Публічне акціонерне товариство ПАТ «Запоріжжяобленерго».

Сьогодні ПАТ «Запоріжжяобленерго» надає послуги з транспортування та постачання електроенергії за регульованим тарифом споживачам Запорізької області – одного з найпотужніших індустріальних центрів України загальною площею 27 тисяч кв.км, на території якої проживають близько 2 мільйонів осіб.

За рік через електричні мережі Товариства проходять від дев'яти до десяти мільярдів кіловат-годин електроенергії, яку Товариство постачає 22 тисячам юридичних споживачів та 760 тисячам побутових споживачів. Майже три чверті від загального обсягу енергоспоживання області припадає на долю розташованих тут промислових гігантів, найбільшими серед яких є: ВАТ «ЗМК «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», «Запорізькій державний титаномagneзійовий комбінат», ПАТ «Запорізький абразивний комбінат», ВАТ «Український графіт», АТ «Мотор Січ», ПрАТ «Завод напівпровідників».

Загалом до структури промислових споживачів входять такі галузі, як металургійна, машинобудівна, харчова, переробна, хімічна та нафтохімічна. До складу ПАТ „Запоріжжяобленерго” входять:

- Запорізькі міські електричні мережі (ЗМЕМ);
- Запорізькі високовольтні електричні мережі (ЗВЕМ);
- Мелітопольські високовольтні електричні мережі (МВЕМ);
- структурний підрозділ з експлуатації та ремонту будівель та споруд;
- цех з ремонту обладнання;
- 21 район електричних мереж, розташовані за територіальним принципом в районних центрах області.

До складу Запорізьких міських електромереж входять 4 районні відділення:

- Східне районне відділення електромереж: обслуговує Космічний м-н, Південний м-н, Шевченківський р-н (від вул. Магістральної до м'ясокомбінату), Олександрівський р-н (від вул. Горького до ж/д вокзалу «Запоріжжя-1»);
- Північне районне відділення електромереж: обслуговує Шевченківський р-н, Олександрівський р-н (від вул. Горького до вул. Гагаріна);
- Центральне районне відділення електромереж: обслуговує територію м. Запоріжжя від вул. Гагаріна до порту Річкового та Заводський район;
- Правобережне районне відділення електромереж: обслуговує Бородинський м-н, Хортицький р-н, Осипенківський м-н, Верхню Хортицю;
- Запорізькі високовольтні мережі;
- Бердянський міський район електромереж: обслуговує споживачів м. Бердянськ;
- Бердянський район електромереж: обслуговує споживачів решти населених пунктів Бердянського району (крім м. Бердянськ);
- Василівський район електромереж: обслуговує споживачів м. Василівка, м. Дніпрорудне, смт. Степногірськ та інших населених пунктів Василівського району

- Веселівський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Веселівка та інших населених пунктів Веселівського району;
- Вільнянський район електромереж: обслуговує споживачів м. Вільнянськ, смт. Кам'яне та інших населених пунктів Вільнянського району;
- Гуляйпільський район електромереж: обслуговує споживачів м. Гуляйполе, смт. Залізничне та інших населених пунктів Гуляйпільського району;
- Запорізький район електромереж: обслуговує споживачів смт. Балабине, смт. Кушугум, смт. Малокатеринівка та інших населених пунктів Запорізького району;
- Кам'янсько-Дніпровський район електромереж: обслуговує споживачів м. Енергодар, м. Кам'янка-Дніпровська, с. Велика Білозерка та інших населених пунктів Кам'янсько-Дніпровського та Великобілозерського районів;
- Більмацький район електромереж: обслуговує споживачів смт. Більмк, смт. Комиш-Зоря та інших населених пунктів Більмацького району;
- Мелітопольські високовольтні електромережі;
- Мелітопольський міський район електромереж: обслуговує споживачів м. Мелітополь;
- Мелітопольський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Мирне та інших населених пунктів Мелітопольського району (крім м. Мелітополь);
- Михайлівський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Михайлівка, смт. Пришиб та інших населених пунктів Михайлівського району;
- Новомиколаївський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Новомиколаївка, смт. Тернувате та інших населених пунктів Новомиколаївського району;
- Оріхівський район електромереж: обслуговує споживачів м. Оріхів, смт. Комишуваха та інших населених пунктів Оріхівського району;
- Пологівський район електромереж: обслуговує споживачів м. Пологи та інших населених пунктів Пологівського району;

- Приазовський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Приазовське, смт. Нововасилівка та інших населених пунктів Приазовського району;
- Приморський район електромереж: обслуговує споживачів м. Приморськ та інших населених пунктів Приморського району;
- Розівський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Розівка та інших населених пунктів Розівського району;
- Токмацький район електромереж: обслуговує споживачів м. Токмак, м. Молочанськ та інших населених пунктів Токмацького району
- Чернігівський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Чернігівка та інших населених пунктів Чернігівського району;
- Якимівський район електромереж: обслуговує споживачів смт. Якимівка, смт. Кирилівка та інших населених пунктів Якимівського району.

## 1.2 Інвестиційна програма ПАТ «Запоріжжяобленерго»

Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання в сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) затверджена інвестиційна програма ПАТ «Запоріжжяобленерго» на 2017 рік.

З лютого 2017 року енергопостачальна компанія ПАТ «Запоріжжяобленерго» стала Публічним акціонерним товариством – ПАТ «Запоріжжяобленерго». Відповідні зміни внесені до Єдиного державного реєстру 01.02.2017 року.

Заплановані Програмою заходи також передбачають будівництво нових енергооб'єктів, а також модернізацію і реконструкцію мереж з упровадженням перспективного устаткування в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Інвестиційна програма ПАТ «Запоріжжяобленерго» на 2017 – 2019 роки

№ з/п	Цільові програми	Усього на 2017-2019 роки	Роки			
			2017	2018	2019	2019
		млн. грн				
I	Реконструкція електричних мереж та обладнання	3769,701	633,955	942,560	1038,910	1092,520
II	Заходи зі зниження нетехнічних витрат електричної енергії	96,523	21,470	21,780	22,080	23,590
III	Впровадження автоматизованих систем диспетчерсько-технологічного керування	19728	3,950	3,875	3,875	3,750
IV	Впровадження та розвиток інформаційних технологій	22,132	2,000	6,500	6,000	4,200
V	Впровадження систем зв'язку	41,859	10,250	10,000	10,000	11,500
VI	Модернізація колісної техніки	83,567	20,000	20,000	20,000	20,000
VII	Інше	17,191	4,000	4,000	4,000	4,000
	Усього	4050,703	695,625	1008,715	1104,865	1159,560

Інвестиційна програма являє собою низку інвестиційних проєктів, згрупованих у сім основних цільових напрямків:

- будівництво, модернізація та реконструкція електричних мереж та обладнання;
- зниження та/або недопущення понаднормативних витрат електроенергії;
- впровадження та розвиток автоматизованих систем диспетчерсько-технологічного керування;
- впровадження та розвиток інформаційних технологій;
- впровадження та розвиток систем зв'язку і телекомунікацій;
- модернізація і закупівля колісної техніки;
- інше.

Пріоритетним напрямком Програми визначений технічний розвиток, модернізація і будівництво електричних мереж та технічне переоснащення обладнання.

Заплановані Програмою заходи передбачають модернізацію і реконструкцію мереж з упровадженням перспективного устаткування, автоматизованих систем управління виробництвом, систем релейного захисту і протиаварійної автоматики.

### 1.3 Система менеджменту якості підприємства

В 2006 році ПАТ «Запоріжжяобленерго» приступило до впровадження Системи менеджменту якості згідно вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2000 (ДСТУ ISO 9001-2001).

Концепція стандарту заснована на процесному підході, який представляє діяльність компанії у вигляді ряду взаємозалежних процесів, за допомогою яких компанія розробляє, впроваджує і поліпшує результативність Системи



менеджменту якості. Важливою особливістю стандарту є те, що він виставляє вимоги до системи управління підприємством, що в свою чергу забезпечує стабільний та передбачений рівень якості продукції/ послуг.

У 2007 році за результатами сертифікаційного аудиту ПАТ «Запоріжжяобленерго» отримало сертифікати відповідності Системи менеджменту якості вимогам стандарту ISO 9001:2000, які зареєстровані в Реєстрі Міжнародної системи сертифікації та в Національній системі сертифікації УкрСЕПРО.

У 2008 та 2009 роках в компанії відбулися наглядові аудити, за результатами яких було підтверджено відповідність Системи менеджменту якості ПАТ «Запоріжжяобленерго» вимогам стандарту ISO 9001.

У 2010 та 2012 роках Товариство пройшло ресертифікаційні аудити Системи менеджменту якості та отримало сертифікати, які підтвердили відповідність Системи менеджменту якості відносно передачі та постачання електроенергії вимогам нової версії стандарту ISO 9001:2008 (ДСТУ ISO 9001-2009), який є більш досконалим порівняно з попереднім.

#### 1.4 Огляд споживачів електроенергії підприємства

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

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

## 2. Група електротехнологічних установок:

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

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

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

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

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

Класифікація систем вентиляції:

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

1. За способом створення тиску для переміщення повітря:

- з природним;
- з штучним (механічним);

2. За призначенням:

- приточна;

- витяжна;
- 3. За зоною обслуговування:
  - місцева;
  - загальнообмінна;
- 4. За конструктивним виконанням:
  - канална;
  - безканална.

### 1.5 Аналіз електроспоживання підприємства

#### 1.5.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок ремонтно-відновлюваного цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго»

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

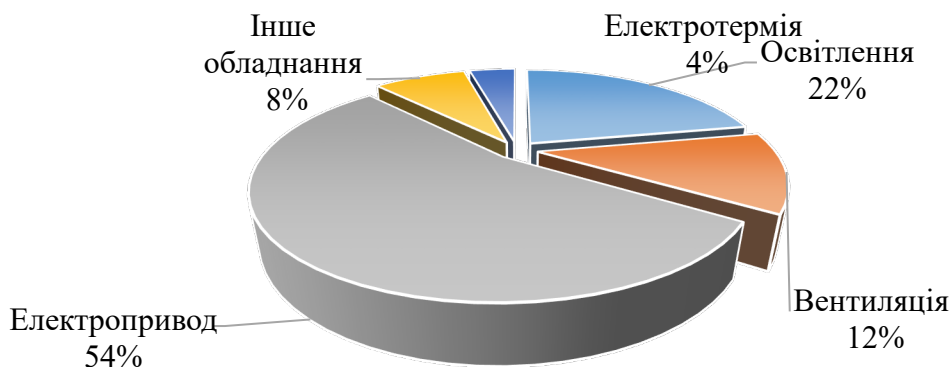


Рисунок 1.1 – Діаграма співвідношення електроенергоспоживання обладнання ПАТ «Запоріжжяобленерго»

Основні електроприймачі підприємства:

- 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 ППлКП - 2шт);

- кран-балки;

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

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

Аналізуючи діаграму фактичного розподілу електричної енергії (лист 1 графічної частини), стає очевидним те, що найсуттєвішими споживачам електричної енергії в цеху є система освітлення та електропривод.

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

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

Таблиця 1.2 – Річне споживання і витрати на енергоресурси

Енергоносій	Одиниці вимірювання	Споживання, нат.од.	Витрати за 2021 рік, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	2030,8	3411,7	81,6
Водопостачання	м <sup>3</sup>	8261,2	69,1	1,7
Природний газ	тис. м <sup>3</sup>	78,1	702,7	16,8
Всього		—	4183,4	100

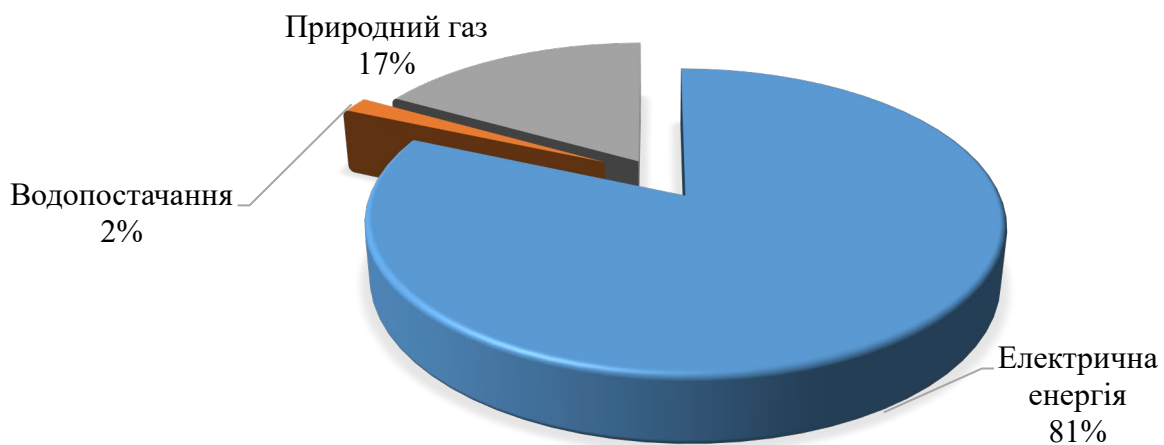


Рисунок 1.2 – Структура витрат на енергетичні ресурси

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

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

### 1.5.2. Динаміка споживання електроенергії

Динаміка споживання електроенергії у 2019-2021 р. наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Річне споживання електроенергії в 2021 р.

Місяць 2021 р.	Споживання електроенергії, млн. кВт·год	Витрати, млн. грн.
Січень	6,52	6,09
Лютий	6,38	6,10
Березень	6,12	6,93
Квітень	5,98	6,84
Травень	6,72	6,49
Червень	6,14	6,18
Липень	6,05	4,13
Серпень	6,76	4,64
Вересень	6,85	4,70
Жовтень	6,97	4,78
Листопад	6,51	4,47
Грудень	7,2	4,94
Усього	78,2	52,29

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

Дані про місячне споживання електроенергії основними споживачами та тарифи на електроенергію 2021 р.[2] представлені в таблиці 1.4 і динаміка місячного споживання електроенергії на рисунку 1.3.

Таблиця 1.4 - Динаміка споживання електроенергії в 2019-2021 р.

Роки	2019	2020	2021
Споживання електроенергії, млн. кВт·год	7,36	7,52	8,11
Витрати, млн. грн.	7,65	7,83	8,43

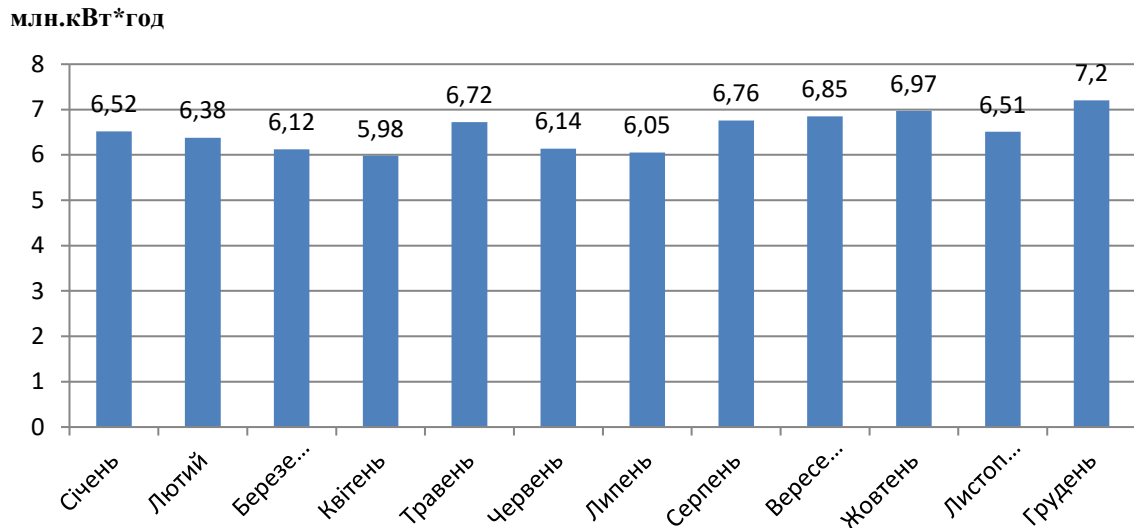


Рисунок 1.3 - Динаміка помісячного споживання електроенергії в 2021 р.

З вищенаведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії підприємством стабільно збільшується. Це пов'язано з ростом випуску товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст обсягу електроспоживання в 2021 р. у порівнянні з 2019 р. склав 10%.

## 1.6 Можливості енергозбереження в цеху

### 1.6.1 Використання енергозберігаючих електродвигунів

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

Цілеспрямований і систематичний збір даних по кожному двигуну, що функціонує більш 2000 годин у рік, є початковим етапом підвищення ефективності використання двигунів на підприємстві. При обліку даних про двигуни особливу увагу слід звернути на місце розташування двигунів, призначення, частоту обертання, навантаження, паспортні дані.

Відразу ж після огляду цього устаткування можна впровадити деякі заходи щодо підвищення ефективності електродвигунів на підприємстві.

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

Одна з можливостей енергозбереження — установка електродвигунів з частотно-керованим електроприводом. Вони застосовуються у випадках, коли навантаження електродвигуна коливається, і він тривалий час працює з низьким навантаженням. Визначення графіку навантаження електродвигуна (відсоток навантаження від часу) має важливе значення при оцінці економічної ефективності: звичайно краще застосовувати частотно-керовані електроприводи для двигунів потужністю більш 10 кВт, що працюють більш 8000 годин у рік.

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

Натяжка і регулювання пасових передач також підвищує енергоефективність. Необхідно систематично здійснювати контроль стану пасових передач. Ослаблення ременів і розрегулювання ремінних приводів приводять до збільшення витрат на тертя. Це викликає додаткове споживання електричної енергії і скорочує термін служби ремінного приводу. Ремінні приводи мають низьку вартість, але для ефективного функціонування існує постійна необхідність у їхньому



технічному обслуговуванні. Навчання персоналу, відповідального за керування системами електродвигунів, допоможе підвищити рівень технічного обслуговування.

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

Виходячи з діючих сьогодні тарифів на електричну енергію і щодо високих капітальних витрат, необхідних для модернізації електродвигунів, заміна функціонуючих двигунів новими (більш ефективними) в більшості випадків не має сенсу. Однак періодично на підприємствах електродвигуни все-таки приходиться замінити (до 10% на рік). Придбання високоефективних електродвигунів для заміни старих може мати високу економічну ефективність.

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

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

При проведенні поетапного втілення проекту з енергозбереження на певному підприємстві також потрібне складання таких відомостей, які являють

собою частину проекту, бо містять інформацію про отриману економію в фінансовому та енергетичному еквівалентах.

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

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

Загальні удосконалення асинхронних електродвигунів з підвищеним ККД полягають в:

- подовженні сердечника, що збирається з окремих пластин із більш якісної електротехнічної сталі з малими втратами. Такі сердечники зменшують магнітну індукцію  $i$ , відповідно, втрати в сталі;
- зменшенні втрат в міді за рахунок максимального використання пазів і використання провідників збільшеного поперечного розрізу в статорі та роторі;
- електродвигун з підвищеним ККД виділяє при роботі менше тепла, що дозволяє зменшити потужність та розміри охолоджуючого вентилятора, що в свою чергу приводить до зменшення вентиляторних втрат  $i$ , відповідно, до зменшення загальних втрат потужності.

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

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

### 1.6.2 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  $\cos\varphi$  зменшується в середньому 0,2-0,4. Якщо не використовувати компенсацію реактивної потужності, значно збільшиться споживаний струм при тій ж споживаній потужності.

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

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

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

За допомогою КУ можливі наступні види компенсації:

1. Індивідуальна (не є регульованою) - КУ розташовуються безпосередньо у електроприймачів і комутуються одночасно з ними. При індивідуальній компенсації від реактивного навантаження розвантажуються не тільки мережі вищої напруги, а й цехові розподільчі мережі. Вона є найкращою при компенсації окремих електроспоживачів, що працюють у тривалому режимі. Недоліки даного виду КРП - залежність часу підключення КУ від часу підключення електроприймачів і необхідність узгодження ємності КУ з індуктивністю електроприймача, реактивне навантаження якого компенсує КБ, для запобігання виникнення резонансних явищ або застосування спеціальних схем підключення (перемикання з "зірки" на "трикутник", яке передбачає паралельне підключення до обмоток двигуна трьох однофазних конденсаторів).

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

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

кВ при цьому не розвантажуються, отже втрати енергії в них не зменшуються, і потужності трансформаторів 6 – 10/0,38 кВ не можуть бути зменшені.

Таблиця 1.5 - Добовий графік споживання активної потужності ділянкою цеху за 12.12.2021

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

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

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

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 (нарощення 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;
- поліпшення якості ремонту електродвигунів, при якому зберігаються їх номінальні дані.

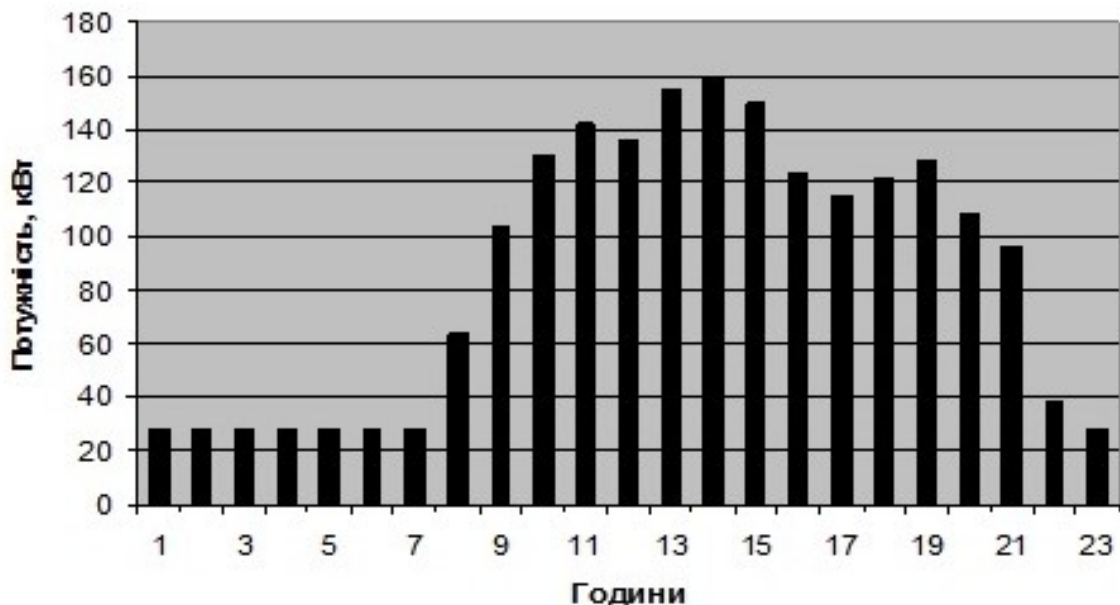


Рисунок 1.4 - Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2021р.

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

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

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

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

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

Витратна частина балансу електроспоживання за звичай враховує окремо:

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

### 1.6.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

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



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

- світлова віддача лампи (світловий вихід на один ватт електроенергії, що споживається лампою даного типу);
- зовнішній вигляд та облицювання (збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень);
- правильне використання вимикачів та регуляторів;
- ефективність світильника (коефіцієнт корисної дії освітлювальної апаратури);
- вибір схеми розміщення світильників;
- використання стартерних пускорегулювальних пристроїв при освітленні люмінесцентними лампами;
- автоматичне регулювання освітлення, централізація керування базовими освітлювальними установками;
- зниження коефіцієнту запасу при виборі освітлювальних установок;
- чистота вікон для повного використання природного освітлення;
- запиленість повітря приміщень.

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

На сьогодні електронні баласты виробляються в масово в країнах де інтенсивно впроваджуються енергозберігаючі технології та здобувають практики масового використання Високоефективні рефлектори. Використовують поверхню покриту сріблом, що має виключно високе дзеркальне відображення та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку

лампи. Високоєфективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку, досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити вдвоє кількість ламп.

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

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

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

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

Фотоелектричні регулятори. Фотоелектричні регулятори можуть забезпечити відключення освітлення тоді, коли природного (денного) освітлення достатньо для створення необхідного світлового потоку. Наприклад, фотоелектричний датчик може реагувати на зовнішню освітленість і може бути налаштований так, що спрацьовувати при зовнішній освітленості, що забезпечує необхідну освітленість на робочому місці. Включення електронного економного світлотехнічного пристрою в робочий режим відбувається фотодіодом в момент

настання темноти, а безпосереднє включення виключення освітлення створює детектор руху в момент попадання об'єкту в поле його дії. Автоматичне управління рядами світильників. При освітлені великих приміщень де використовуються кілька рядів світильників, розміщених паралельно стіни можна відмикати окремі ряди в залежності від зміни природного освітлення, часу доби, роботи в окремих частинах приміщення.

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

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

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

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

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

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

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

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід зменшує споживання реактивної потужності електроустановками, а тим самим зменшення втрат в енергосистемі на передачу реактивної потужності.

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

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

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

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

Лампи розжарювання.

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

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

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

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

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

Переваги:

- низька ціна невеликі розміри невисока чутливість до збоїв в живленні і стрибків напруги;
- миттєве запалення непомітність мерехтіння при роботі на змінному струмі (важливо на підприємствах) ;
- можливість використання регуляторів яскравості.

Спектр випромінювання: безперервний 60-ватної лампи розжарювання (вгорі) і лінійчатий 11-ватною компактною люмінесцентною лампи (внизу)

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

Недоліки:

- відносно малий термін служби;
- низька світлова віддача;
- різка залежність світловий віддачі і терміну служби від напруги;
- світловий коефіцієнт корисної дії ламп розжарювання, який визначається як відношення потужності променів видимого спектру до потужності, споживаної від електричної мережі,



– дуже малий і не перевищує 4 %.

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



Рисунок 1.5-Лампа розжарювання

Світлодіодна лампа.

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники в якості джерела світла використовують світлодіоди, застосовуються для побутового, промислового і вуличного освітлення. Світлодіодна лампа є одним з найбільш екологічно чистих джерел світла. Принцип світіння світлодіодів дозволяє застосовувати у виробництві та роботі самої лампи безпечні компоненти. Світлодіодні лампи не використовують речовин, що містять ртуть, тому вони не становлять небезпеки в разі виходу з ладу чи руйнування. Розрізняють закінчені пристрої -світильники та елементи для світильників -змінні лампи.

Перевага світлодіодного світильника в порівнянні з лампами розжарювання:

- низьке енергоспоживання;
- заявлений довгий термін служби від 30'000 до 50'000 і більше годин;
- простота установки;
- більш низька температура корпусу в порівнянні з лампою розжарювання;

- має порівнянну яскравість;
- висока механічна міцність, найчастіше -невеликі габарити.

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

Основні недоліки:

- висока ціна;
- багато світлодіодні лампи світять тільки в одному напрямку (що може бути і перевагою).

У дешевих лампах за рахунок економії на конденсаторах виникає невидиме неозброєним оком високочастотне мерехтіння (див. фото), а з-за економії на тепловідвідних елементів перегорання від перегріву, особливо в закритих плафонах. Крім того, при виході з ладу будь-якого з елементів світильник найчастіше підлягає заміні на аналогічний. Ці недоліки найчастіше компенсуються економією електроенергії, економією на обслуговування (заміну ламп)], що особливо актуально для вуличного освітлення. Для виробництва якісних ламп відповідною постановою Уряду РФ від 20 липня 2011 року № 602 "Про затвердження вимог до освітлювальних пристроїв та електричних ламп, що

використовуються в ланцюгах змінного струму з метою освітлення" за коефіцієнтом потужності, тобто мають у складі драйвера PFC (коректор коефіцієнта потужності), так само коректор частоти, керамічний конденсатор, який служить значно довше електролітичних, екологічні пластики, пайки без свинцю і відповідних жорстким нормам потрібні досить високі витрати. Лампи виходять дорогими. Ще одним недоліком є продаж LED-ламп без вказівки технічних характеристик (порушує ст. 10 з-на 2300-1) і не дозволяє зробити вибір і підбір ламп у відповідності з вимогами до освітлення, вимогами до коефіцієнту потужності та іншим критичним параметрами мережі. Більшість світлодіодів білого світла (синій кристал - жовтий люмінофор) мають неоднорідний спектр, а саме - великий провал в спектрі на довжині хвилі 480 нм. На світло саме цієї довжини хвилі повинен реагувати зіницю ока звуженням, але цього не відбувається і очей (кришталік, сітківку) одержує більшу травматичну дозу синього світла. Ураження сітківки ока мишей синім світлом при опроміненні їх білими світлодіодами було експериментально підтверджено М. А. Островським і П. П. Заком. Проте в даний час ряд фірм вже розробив світлодіоди, спектр світла яких адаптований для очей людини. Деякі ЗМІ публікують статті про шкідливість LED-освітлення, посилаючись на дослідження іспанських учених з Університету Комплутенсе. Це дослідження, дійсно, говорить про більшу шкідливості холодного випромінювання світлодіодів в порівнянні з іншими світловипромінюючі елементами, але мова йде про боргом і безпосередньому погляді на джерела світла - екрани усіляких пристроїв, що виключає освітлювальні прилади. Падіння яскравості з часом через вигорання світлодіодів. Падіння яскравості також регламентується нормативними актами. Світлодіодна лампа зображена на рисунку 1.6



Рисунок 1.6-Світлодіодна лампа

Порівняльні характеристики ламп наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 -Порівняльні характеристики ламп

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

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

Для аналізу системи освітлення підприємства необхідна наступна інформація:

- Тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 1.8 – Характеристика ламп ДРЛ - 400

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

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

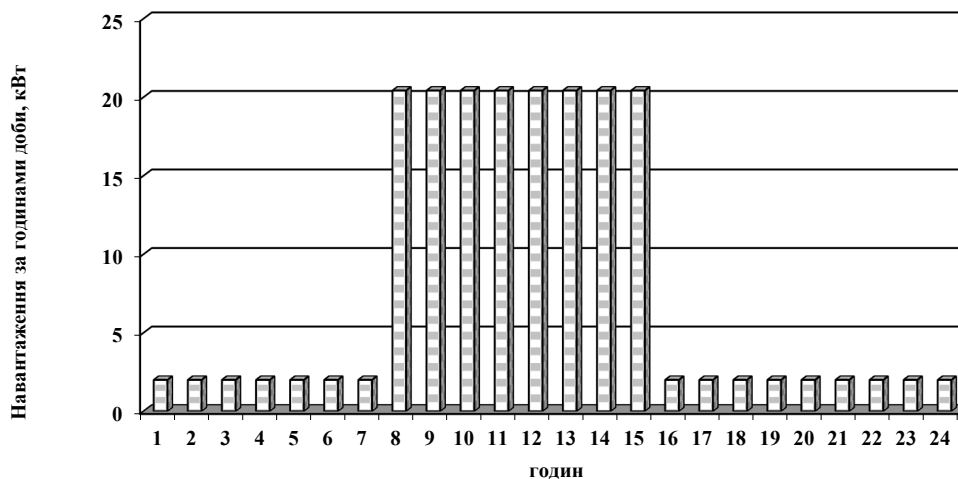


Рисунок 1.7 Добовий графік навантаження освітлювальних установок

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

## 2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЦЕХУ З РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ ПАТ «ЗАПОРІЖЖЯОБЛЕНЕРГО»

### 2.1 Компенсація реактивної потужності

#### 2.1.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах

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

Таблиця 2.1 – Характеристика трансформаторів

№ КТП	Найменування ділянки	Кількість та потужність, $S_{ном}$ , кВА
КТП 1	Загальноцехова	2×2500
КТП 2	Ділянка металорізання	2×630

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

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

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

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

$n$  - кількість трансформаторів;

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

Коефіцієнт завантаження трансформаторів визначаємо з формули:

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

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.

Для комбінату річний час включення трансформаторів:

$T_n = 8760$  годин;

$T_{роб} = 6024$  годин.

Знаходимо середній струм:

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

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

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

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:

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

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

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

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

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]

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

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

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

$X_e$  – еквівалентний реактивний опір лінії, Ом.

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

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

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

$W_a$  - споживання активної електроенергії за розрахунковий період, за 2011 рік  $W_a = 78,2$  млн. кВт·год.

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

$K_{\phi}$  – коефіцієнт форми графіка навантаження лінії:

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

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

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

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

Для розрахунку коефіцієнта форми таблиця 2.3 графіка навантаження лінії розглянемо добовий графік навантаження цеху за 12.12.2021.

Таблиця 2.3 Добовий графік споживання активної потужності цехом за 12.12.2021

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

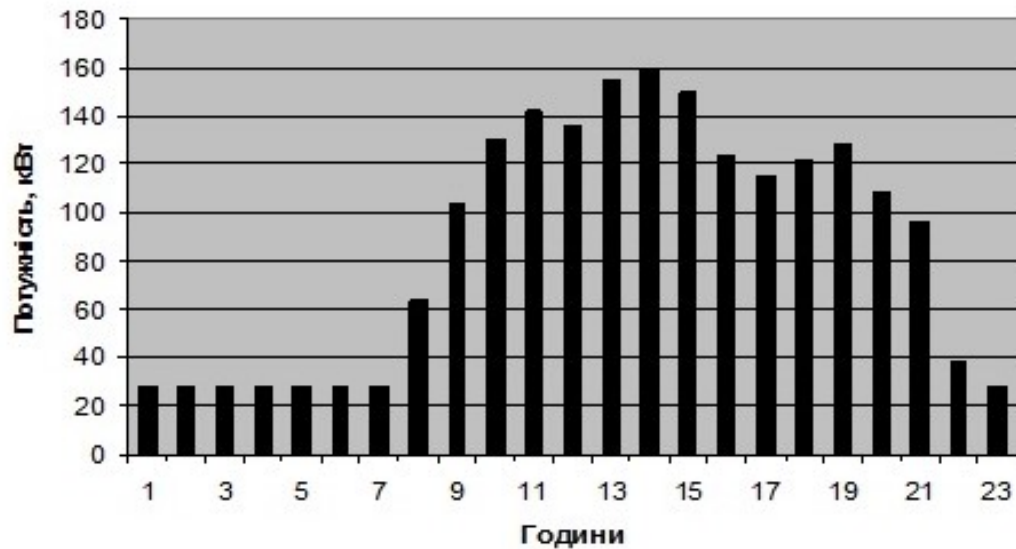


Рисунок 2.1 Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2021р.

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

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

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:

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

### 2.1.3 Вибір типу і потужності компенсуючих пристроїв

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

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

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

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

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

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

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

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижальної підстанції, квар:

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

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

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

$S_{\text{НОМ Т}}$  - номінальна потужність трансформатора (паспортні данні), кВА;

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

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

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

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

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

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

Реактивна потужність, що генерують синхронні двигуни, квар:

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

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

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

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

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

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії синхронного двигуна(паспортні дані), в.о.

Втрати реактивної потужності у трансформаторах головної понижуючої підстанції, квар:

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

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

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

Виходячи з принципу компенсації реактивної потужності, можливі 3 варіанти:

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.

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

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

N п/п	Найменування ділянки	$P_{роз}$ , кВт	$Q_{роз}$ , квар	Марка та перетин КЛ, мм <sup>2</sup> (довжина, м)
1	Заготівельна	412.3	396.1	ААШв 3 × 35(250)
2	Ливарна	618.3	390.6	2 × ААШв 3 × 150(400)
3	Зварювальна	214.2	110.3	ААШ в 3 × 35(150)
4	Компресорна	245.1	175.2	2 × ААШ в 3 × 35(150)
5	Випробувальна	492.1	212.3	2 × ААШ в 3 × 35(150)

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

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для вибору потужності КУ

№	№ варіанту					
	I варіант		II варіант		III варіант	
	$Q_{ку}$ , квар	$\Delta W_{кг п}$ , МВт·год	$Q_{ку}$ , квар	$\Delta W_{кг п}$ , МВт· год	$Q_{ку}$ , квар	$\Delta W_{кг п}$ , МВт·год
1	1050	63.4	500	71.7	-	91.1
2	900	68.8	600	73.5	-	94.4
3	750	37	300	49.1	-	52.6
4	800	48.1	600	51.5	-	64.3
5	200	22.1	-	27.5	-	27.5

Розрахункова активна потужність підприємства:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$Q_{ед}$  – 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:

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_{32} = \frac{S_{роз\Sigma}}{2 \cdot S_{ном т}}; \quad (2.21)$$

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

$S_{ном т}$  - 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:

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

Реактивна потужність синхронного двигуна:

$$Q_{CD} = 0,62 \cdot \frac{2 \cdot 400 \cdot 0,484}{0,92} = 260,9 \text{ квар.}$$

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:

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

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

$Q_{\text{нкв}}$  - сумарна номінальна потужність компенсуючих приладів, квар.

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

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

Для III варіанту  $Q_{\text{нквII}} = 0$ .

$$Q_{\text{вкв}} = Q_{\text{ку}\Sigma} = 6053,7 \text{ квар.}$$

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

Визначаємо втрати потужності в розподільній мережі, кВт:

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

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

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

$l$  – довжина кабельної лінії, км;

$n_{\text{кл}}$  - число кабельних ліній, шт.

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

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

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

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

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

$U_c$  - номінальна напруга кабельної лінії, кВ.

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

Таблиця 2.6 - Визначення втрат потужності в КЛ-10 кВ

Найменування КЛ	Марка та перетин кл, мм <sup>2</sup>	Довжина, км	$r_0$ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	Варіант I		Варіант II		Варіант III	
				$I_{\text{роз}}$ , А	$\Delta P$ , кВт	$I_{\text{роз}}$ , А	$\Delta P$ , кВт	$I_{\text{роз}}$ , А	$\Delta P$ , кВт
РУ-1	ААШВ 3x150	0.4	0.165	92.5	3.39	99.7	3.94	108.4	4.96
РУ-2	ААШВ 3x35	0.2	0.894	36.1	0.87	36.1	0.87	51.4	2.51
РУ-3	ААШВ 3x35	0.1	0.894	41.6	0.46	52.6	0.78	64.7	1.12
РУ-4	ААШВ 3x35	0.1	0.894	24.8	0.33	26.2	0.55	36.4	0.71
РУ-5	ААШВ 3x35	0.1	0.894	8.5	0.07	18.5	0.33	18.5	0.33

Для вибору компенсуючого приладу можна запропонувати наступний алгоритм:

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

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

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

- з умов балансу реактивної потужності визначається потужність  $Q_{\text{вкУ}}$ .

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

доцільно формалізувати, щоб мати можливість користування обчислювальною технікою.

Втрати електроенергії в трансформаторах базового варіанту:

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

Втрати електроенергії у кабельних лініях базового варіанту:

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

де  $\Delta P$  - втрати потужності в кабельних лініях 10 кВ, кВт;

$T_{\text{м}}$  - число годин максимальних втрат, год.

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

Розрахункова реактивна потужність без компенсуючих приладів, квар;

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

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

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

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

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

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

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

Сумарна розрахункова повна потужність без компенсуючих приладів, кВА;

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції, в.о.:

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

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

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

$$K_{32} = \frac{15354,5}{2 \cdot 10000} = 0,77.$$

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;

$Q_{\text{нкв}}$  - номінальна потужність компенсуючих приладів, квар.

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

Сумарна розрахункова повна потужність для варіанту з компенсуючими приладами розраховується:

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

Коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції розраховується за формулою:

$$K_{32}^I = \frac{S_{\text{роз}}^I}{2 \cdot S_{\text{ном т}}}$$

Втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту без компенсуючих приладів:

$$\Delta W_T = 2 (\Delta P_x \cdot 8760 + K_{32}^2 \Delta P_k \cdot \tau_M) \cdot 10^{-3} \quad (2.30)$$

де  $P_x$  - втрати холостого ходу у трансформаторі, кВт;

$K_{32}$  - коефіцієнт завантаження комплектної трансформаторної підстанції,  
о.е.;

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

$T_M$  - число годин максимальних втрат, год.

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

## 2.2 Заміна асинхронних двигунів енергоефективними двигунами

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

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

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

$U_H$  - номінальна напруга, В;

$I_{н.х.}$  - струм електродвигуна, А;

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

$P_{\text{ср}}, P_H$  - 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;

$\eta_H$  - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

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

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

$\Delta P_{xx} = P_H \cdot (1 - \eta_H) \cdot \gamma / [\eta_H \cdot (1 + \gamma)]$  - 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:

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

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

$$K_H = \frac{P_{cp}}{P_H}; \quad (2.31)$$

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

$$\Delta P_{в.н.} = P_H \cdot (1 - \eta_H) / [\eta_H \cdot (1 + \gamma)]. \quad (2.33)$$

Характеристики електродвигуна А2-71-6:

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

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

$$K_{H2} = \frac{P_{cp}}{P_{H2}} \quad (2.34)$$

$$\gamma_2 = \Delta P_{xx2} / [(100 - \eta_{H2}) \cdot \Delta P_{xx2}] \quad (2.35)$$

$$\Delta P_{в.н.2} = P_{H2} \cdot (1 - \eta_{H2}) / [\eta_{H2} \cdot (1 + \gamma_2)] \quad (2.36)$$

Сумарні втрати активної потужності малозавантаженого двигуна:

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



Сумарні втрати активної потужності нового двигуна:

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

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

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

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

### 2.3 Перехід на більш ефективні джерела світла

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

Для аналізу системи освітлення підприємства, стан якого можна розглядати на прикладі інструментального цеху, необхідна наступна інформація:

- Тип встановлених ламп - ДРЛ – 400.

Таблиця 2.7 – Характеристика ламп ДРЛ - 400

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

Таблиця 2.8 - Характеристика світильника РСП 05-400/Г03

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

- кількість ламп – 48 штук.
- потужність лампи – 400 Вт.
- тип світильника – РСП05-400/Г03.
- кількість світильників – 48 штук.
- характеристика поверхні приміщення – коричневий колір.
- кількість чисток на рік – одна.
- розміри приміщення Ш x Д x В = 18 x 60 x 6,5 м.
- є чергове освітлення.
- висота підвісу світильника –  $h = 6,5$  м.

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

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

Визначаємо висоту підвісу світильників:

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

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:

$$N_p = \frac{B}{L_a}, \quad (2.39)$$

де  $B$  – ширина цеху, яка дорівнює 18 м;

$$L_a = \lambda \cdot h, \quad (2.40)$$

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

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

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

Кількість світильників в одному ряду:

$$N_{св} = \frac{A}{L_в}, \quad (2.41)$$

де  $L_в = L_a$ ;

$A$  – довжина цеху, яка дорівнює 60 м.

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

Кількість світильників в цеху:

$$N = N_{св} \cdot N_p. \quad (2.42)$$

$$N = 6 \cdot 20 = 120, \text{ шт.}$$

Розрахуємо освітлення за методом світлового потоку.

Індекс приміщення складає:

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

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

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

Визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{зан} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (2.44)$$

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

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

Для ДРЛ приймаємо  $Z = 1,15$ .

$\eta$  - 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 двома лампами ЛХБ потужністю  $P_{н.о.і} = 80$  Вт зі світловим потоком  $\Phi_n = 4440$  лм.

Таблиця 2.9 – Характеристика ламп ЛХБ-80

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

Таблиця 2.10 – Характеристика світильників Л 201 Б

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

Встановлена потужність освітлювальних установок:

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

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

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

Максимальне навантаження освітлення:

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

Економія електроенергії в кВт год/добу визначається за формулою:

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

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

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

$C_{\text{ДРЛ}} = 195,36$  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.

$C_{\text{ЛХБ}} = 127,2$  кВт год/добу,

з яких  $C_3 = 8 \cdot 11,9 = 95,2$  кВт год - приходиться на пікові години;

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

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

Таблиця 2.11 – 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, електростанції	0,6

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

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

3.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів

#### 3.1.1 Заміна асинхронних двигунів двигунами меншої потужності

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

Економія грошових коштів при реалізації даного заходу становить:

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

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

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

Простий термін окупності становитиме, років:

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

Маючи формулу можна розрахувати термін окупності запропонованого заходу з енергозбереження:

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

### 3.1.2 Перехід на більш ефективні джерела світла

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

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

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

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

$b$  – тариф на електричну енергію, 1,04 (грн./ кВт год);

Споживання електроенергії за добу визначається за формулою:

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

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

$$E_{\text{грн}} = 273 \cdot 1.04 = 284 \text{ (грн./добу)} = 103,5 \text{ тис. грн./рік.}$$

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

Витрати діляться на:

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

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

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



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

$n$  – кількість ламп, яка дорівнює 320.

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

Витрати на доставку:

$$B_{\delta} = 2000 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати знайдемо за формулою:

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

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

Тоді простий строк окупності буде дорівнювати:

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

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

### 3.1.3 Розрахунок економічного ефекту від компенсації реактивної потужності

Термін окупності даної установки визначимо за виразом:

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

де  $K$  – капітальні затрати на придбання та встановлення КУ;

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

Сумарні зведені витрати визначаються по формулі, грн.:

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

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

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

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

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

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

$C_w = 1,56 \frac{\text{грн}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$  – вартість 1 кВт·год електроенергії за даними заводу на грудень 2011 року;

$\tau_m$  - число годин максимальних втрат:

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

де  $T_m$  - число використання годин максимуму, год.;

8760 – число годин у році, год.

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

Для варіанту I визначаємо загальні приведені витрати.

Вартість конденсаторної батареї за преїскурантом для компенсуючого приладу буде дорівнювати:

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

Експлуатаційні витрати дорівнюють:

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

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

Загальні приведені витрати визначаються:

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

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:

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

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

Вихідні дані для вибору потужності приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Визначення техніко-економічних показників варіантів

Найменування показника		I варіант	II варіант	III варіант
Капітальні Витрати, тис.грн	$K_{\text{кпу}}$	-	33.3	66.6
	$K_{\text{нку}}$	111.6	68.4	-
	$K_{\text{вку}}$	-	24.2	44.2
	$K_{\Sigma}$	902.4	916.7	987.5
Втрати потужності, кВт	$\Delta P_{\text{ку}}$	27.2	22.8	18.9
	$\Delta P_{\text{кл10}}$	6.81	8.52	12.74
	$\Delta P_{\Sigma}$	34.01	31.32	31.64
Втрати електроенергії, МВт·год	$\Delta W_{\text{ктп}}$	415.8	460.5	541.4
	$(\Delta W_{\text{ку}} + \Delta W_{\text{кл}})$	123.6	113.8	46.3
	$\Delta W_{\Sigma}$	539.34	574.3	587.7
Зведені витрати, тис.грн	3	132.1	140.7	160.8

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

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

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

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

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

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

Економія електроенергії складає:

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

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

де  $\Delta W_T$  - втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту без компенсуючих пристроїв, МВт·год;

$\Delta W_T^I$  - втрати електричної енергії в трансформаторах для варіанту з компенсуючими пристроями, МВт·год.

Витрати на автоматизацію та обслуговування обладнання, грн.:

$$I_{a.o.} = \frac{a_1 + o_1}{100} C_1 \cdot \sum Q_{HKV} + \frac{a_2 + o_2}{100} C_2 \cdot \sum Q_{BKV} + \\ + \frac{a_3 + o_3}{100} C_3 \cdot \sum S_{номi} + \frac{a_4 + o_4}{100} C_4 \cdot \sum BKV, \quad (3.15)$$

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

$O_1, O_2, O_3, O_4$  - відрахування на обслуговування відповідно, низьковольтних компенсуючих приладів, високовольтних компенсуючих приладів, трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції, апаратів для приєднання високовольтних компенсуючих приладів до мережі (елемент РП), %;

$C_1$  - вартість одного низьковольтного компенсуючого приладу, грн.;

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

$C_2$  - вартість одного високовольтного компенсуючого приладу, грн.;

$\sum Q_{ВКУ}$  - 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.;

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

Вартість втрат електроенергії, грн.:

$$I_{\Delta\varepsilon} = C_w \cdot (\Delta W_{кпп} + \Delta W_{КЛ10}), \quad (3.16)$$

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

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

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

Приведені витрати для базового варіанту, тис.грн.:

$$Z_{баз} = I_{a o} + I_{\Delta\varepsilon}, \quad (3.17)$$

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

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

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

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Техніко-економічне порівняння варіантів підключення компенсуючих пристроїв

Найменування показника		I варіант	II варіант	III варіант
1		2	3	4
Капітальні витрати, тис.грн	$K_{\text{кру}}$	-	33.3	66.7
	$K_{\text{нку}}$	111.6	68.4	-
	$K_{\text{вкв}}$	-	24.2	44.2
	$K_{\Sigma}$	902.4	916.7	987.5
Втрати потужності	$\Delta P_{\text{ку}}$	27.2	22.8	18.9
	$\Delta P_{\text{кл10}}$	6.81	8.52	12.74
	$\Delta P_{\Sigma}$	34.01	31.32	31.64
Втрати електроенергії, МВт·год	$\Delta W_{\text{ктп}}$	415.8	460.5	541.4
	$(\Delta W_{\text{ку}} + \Delta W_{\text{кл}})$	123.6	113.8	46.3
	$\Delta W_{\Sigma}$	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

Річний економічний ефект:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{\text{баз}} - \mathcal{E}_I \quad (3.18)$$

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

Термін окупності:

$$T = \frac{K_{\text{кв}}}{\mathcal{E}_e}, \quad (3.19)$$

$$T=111,6/127,7=0,87 \text{ років.}$$

Економічна ефективність капіталовкладень:

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

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

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

### 3.1.4 Економічне обґрунтування заміни освітлення в допоміжних приміщеннях цеху

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

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

- тривалий термін служби (від 30 000 до 50 000 год безперервної роботи);
- стабільний світловий потік;
- нечутливість до температурного режиму (навколишнє середовище, де експлуатується електрообладнання);
- стійкість до відхилення напруги і до багаторазових включенням/відключенням;



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

Таблиця 3.3 - Характеристики ламп

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

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

Нижче наведено техніко-економічний розрахунок при впровадженні світлодіодних ламп.

Капіталовкладення на придбання світлодіодних ламп розраховуємо за формулою:

$$K = C_{с.в} \cdot N, \quad (3.21)$$

де  $C_{с.в}$ —ціна на світлодіодні лампи,

$N$ —кількість встановлюючих світлодіодних ламп.

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

Споживання електроенергії лампою розжарювання за 3,5 роки складає:

$$W_{\text{лон}} = P \cdot N \cdot T, \quad (3.22)$$

де  $P$  – потужність лампи розжарювання,

$N$  – кількість встановлених ламп розжарювання,

$T$  – час роботи лампи за 3,5 роки.

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

Споживання електроенергії світлодіодною лампою за 3,5 роки складає:

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

Очікувана економія після впровадження енергозберігаючого заходу:

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

де  $C$  – ціна на електроенергію.

$$D = (585606 - 70272,72) \cdot 1,55 = 798766,584 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо термін окупності впровадженого заходу:

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

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

Ефективність від модернізації системи освітлення:

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

$$E = \frac{798766,584}{79074} = 10,1 .$$

Як показав розрахунок витрати на придбання світлодіодних ламп на 3,5 роки вище, ніж для придбання на такий же термін ламп розжарювання. Однак, основними перевагами світлодіодних є тривалий термін служби, знижує експлуатаційні витрати.

### 3.2 Загальні техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів

Капітальними інвестиціями є потреби, необхідні для здійснення проекту.

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

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

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

- 1 група – спорудження і предаточні пристрої;
- 3 група – робоче, силове та електроустаткування.

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

- для 1 групи – 8%;
- для 3 групи – 24%.

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

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

— питомими капітальними вкладеннями;

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

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

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

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

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

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

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

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

Ефективність капіталовкладень:

$$E = \frac{1}{0,8} = 1,256.$$

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

У цьому розділі проведено розрахунок економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів в системі електроспоживання цеху ПАТ «Запоріжжяобленерго». Для здійснення зазначених заходів необхідні капітальні інвестиції в сумі 0,707 тис. грн.

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

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

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

3. Зменшити витрати на споживану підприємством електричну енергію.

6. Підвищити надійність і якість енергопостачання підприємства.

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

## ВИСНОВКИ

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

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

1. Запропоновані енергозберігаючі заходи із зниження споживання і втрат електричної енергії дають значний економічний ефект, який станом на січень 2021 року складе близько 0,888 млн. грн/рік.

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

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

4. Виконання даного проекту забезпечується всіма заходами з техніки безпеки та навколишнього середовища.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розенгарт, Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование [Текст]/ Ю.И Розенгарт , Б.И Якобсон., З.А. Мурадова - Киев: «Вища школа», 1988 - 328с.
2. Деев,Л.В. Котельные установки и их обслуживание [Текст]/ Л.В Деев, Балахничев Н.А. - М.: «Высшая школа», 1990 - 214с.
3. Справочник эксплуатационника газовых котельных /Под ред. Столпнера Е.Б. - Ленинград: «Недра», 1976 - 528с.
4. Александров, В.Г. Паровые котлы средней и малой мощности [Текст]/ В.Г. Александров. - М.: «Энергия», 1966 - 246с.
5. Гусовский, В.Г. Газогорелочные устройства и системы отопления нагревательных и термических печей [Текст]/ В.Г. Гусовский, А.Е. Лифшиц, В.М Тымчак. - М.: «Металлургия». 1967 - 260с.
6. Кацнельсон, В.Д., Испытания котлоагрегатов с мощными плоскофакельными горелками. [Текст]/ В.Д. Кацнельсон, А.А. Шатиль, А.И. Тарасов.- К.: Электрические станции, 1978 - 138с.
7. Винтовкин, А.А., Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики) [Текст]/ Справочное издание А.А.Винтовкин, , М.Г.Ладыгичев, В.Л.Гусовский, А.Б.Усачев. / А.А.Винтовкин и др. - М.: Машиностроение -1, 2001 - 496 с.
8. Воливахин ,В.И. Доменное производство. [Текст]/ В.И Воливахин - М.: «Металлургия», 1976. 248 с.
9. Иванов, Ю.В. Газогорелочные устройства. [Текст]/ Ю.В. Иванов - М.: «Недра», 1972 - 376с.
10. Петкин, А.М. Экономия энергоресурсов: резервы и факторы эффективности. [Текст]/ А.М. Петкин, - М.: «Техника», 1982 - 216с.
11. Михайлов, В.В. Рационально использовать энергетические ресурсы. [Текст]/ В.В. Михайлов - М.: «Высшая школа», 1980 - 228с.

12. Гольстрем, В.А. Справочник по экономии топливно - энергетических ресурсов. [Текст]/ В.А. Гольстрем , Ю.Л. Кузнецов - К.: «Техника», 1985 - 383с.
13. Алиев, Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: [Текст]/ Справочник. , Г.М. Алиев. - М.: «Металлургия», 1986 - 543с.
14. Беренда, Н.В. Методические указания к контрольной работе «Экономика природоиспользования». [Текст]/ Н.В Беренда. - Запорожье, ЗГИА, 2003 - 28 с
15. Колобов, А.Д. , Осипенко В.Д. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургии. [Текст]/ А.Д. Колобов, В.Д. Осипенко. - К.: «Техника»,1979 - 168с.
16. Гичёв, Ю.А. Источники теплоснабжения промышленных предприятий. [Текст] Часть I: Конспект лекций/ Ю.А. Гичёв, Днепропетровск: НМетАУ, 2011. – 52 с.
17. Гичёв, Ю.А. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий. [Текст] / Часть I: Конспект лекций/ Ю.А. Гичёв, Днепропетровск: НМетАУ, 2012. – 57 с.
18. Программа снижения потребления природного газа в системе теплоснабжения Запорожья [Электронный ресурс] <http://www.myshared.ru/slide/544857/>– Заголовок з екрану.
19. Повышение эффективности современных промышленных предприятий на основе информационных систем оперативного управления производством (MES) [Электронный ресурс] <http://www.sitebs.ru/blogs/734.html?comments>– Заголовок з екрану.
20. Попова, Г.И., Иванов, Б.А. Условные обозначения в чертежах и схемах по ЕСКД.-Л.:Машиностроение,1976.-106 с.



## **ДОДАТОК А**

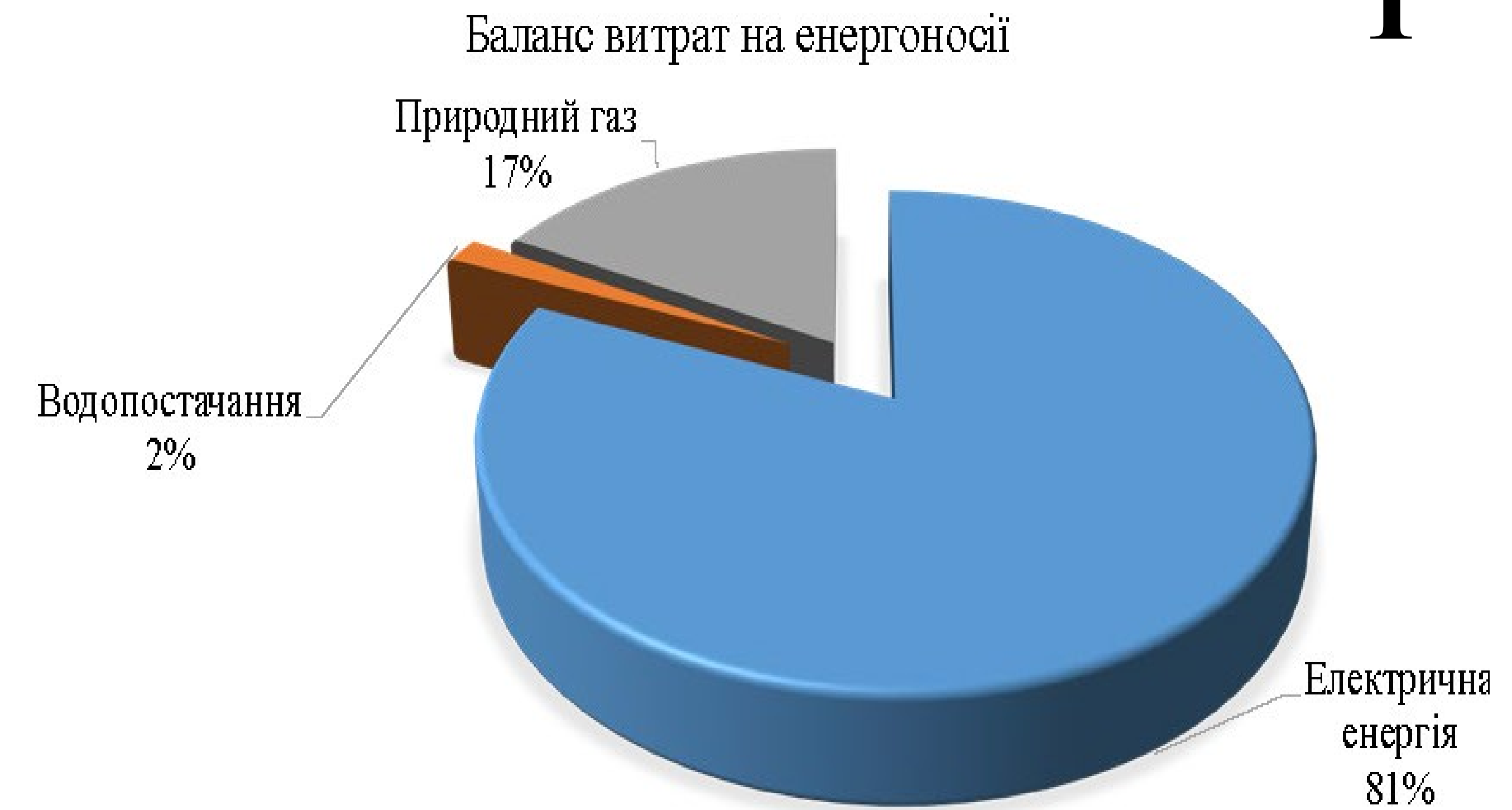
Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

# АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ЦЕХУ ПАТ «ЗАПОРІЖЖЯОБЛЕНЕРГО»

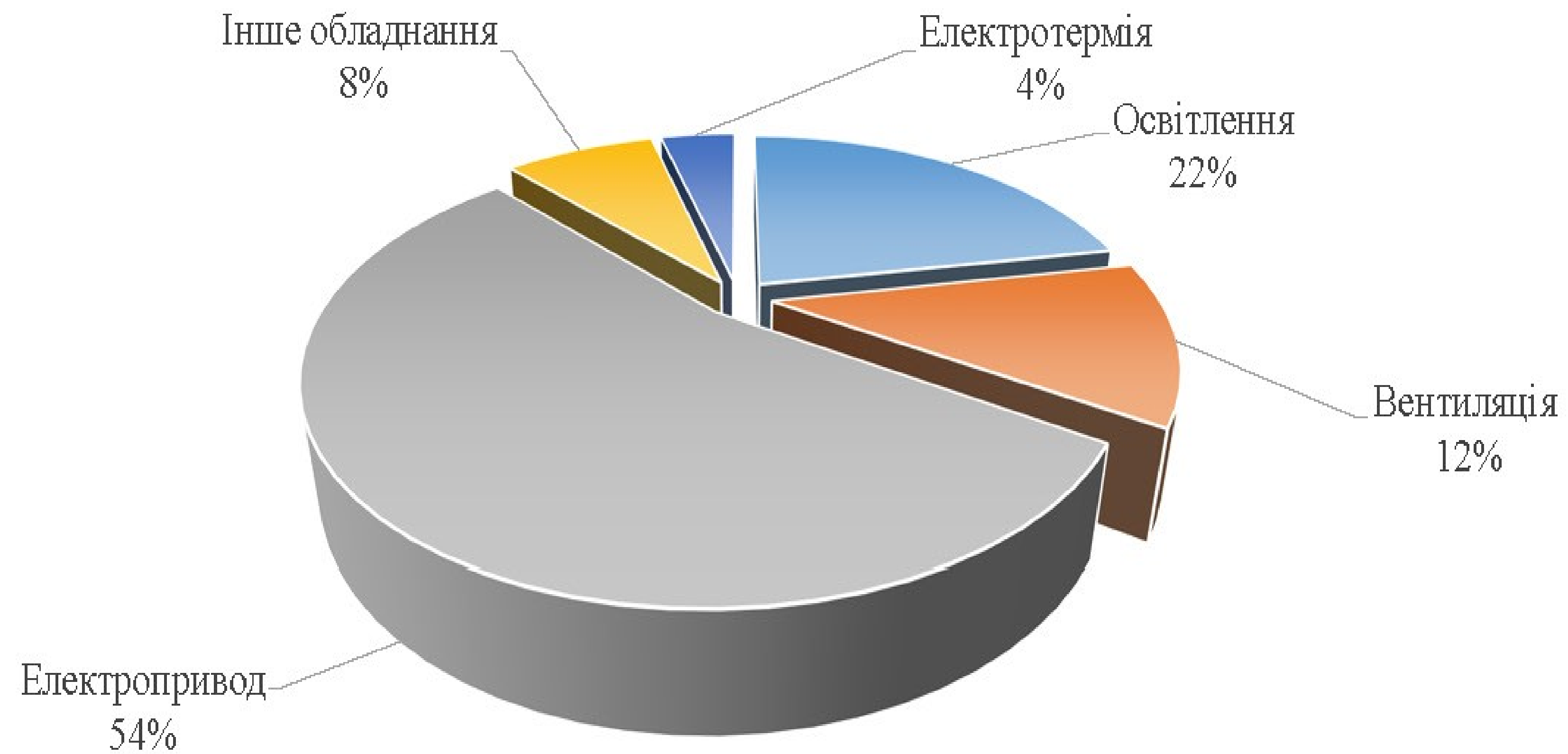
1

Структура споживання енергоресурсів цеху

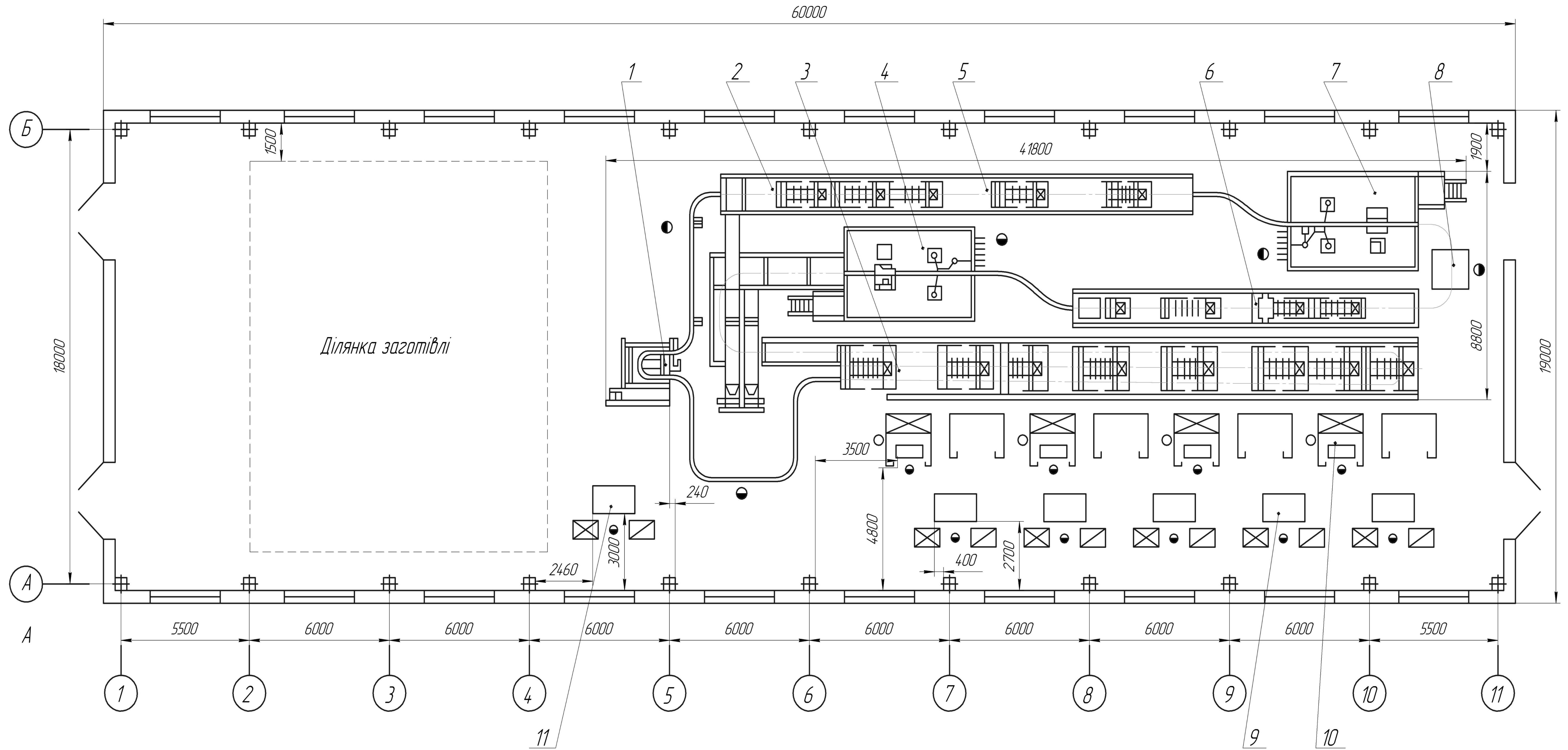
Енергоносій	Одиниці вимірювання	Споживання, нат.од.	Витрати за 2021 рік, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	2030,8	3411,7	81,6
Водопостачання	м <sup>3</sup>	8261,2	69,1	1,7
Природний газ	тис. м <sup>3</sup>	78,1	702,7	16,8
Всього		—	4183,4	100



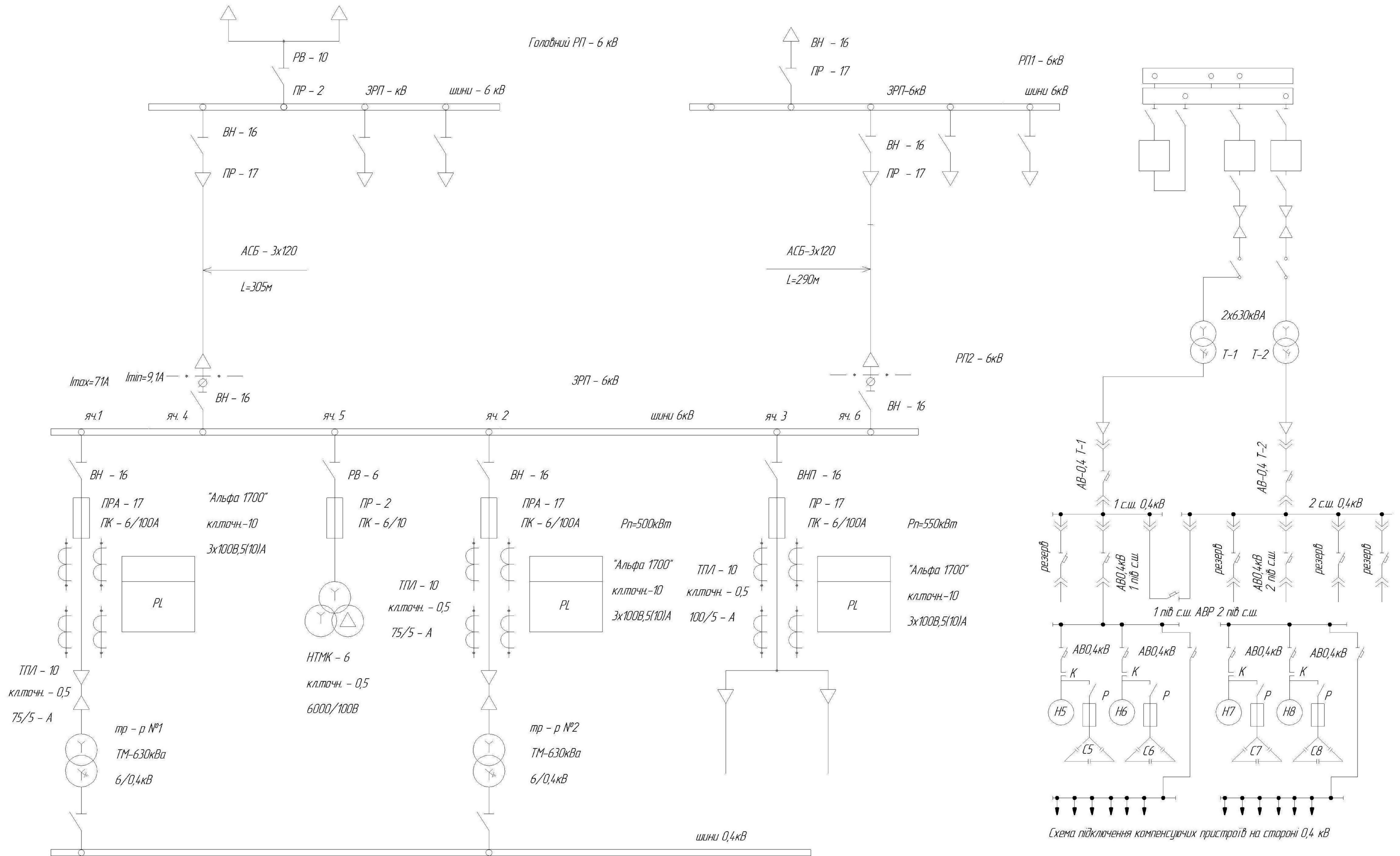
Розподіл споживання електричної енергії



# ПЛАН РЕМОНТНО\_ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ЦЕХУ

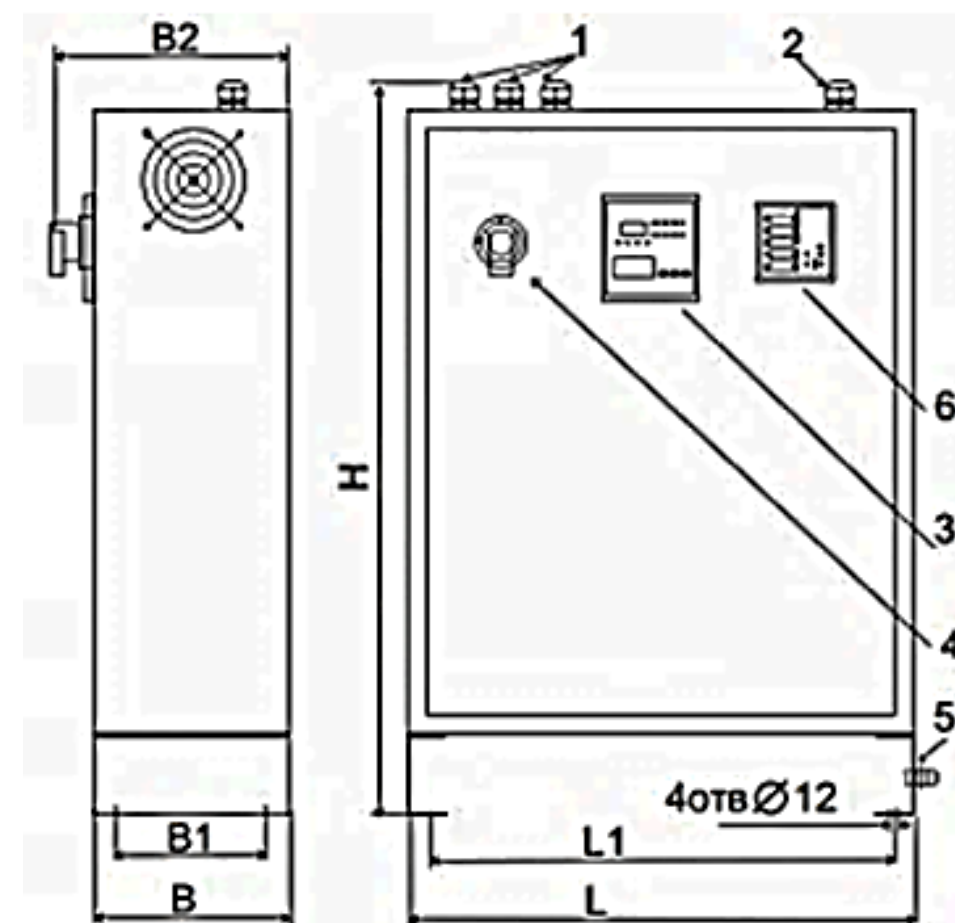


# СХЕМА ОДНОЛІНІЙНА РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ЦЕХУ





## Компенсація реактивної потужності



- 1 - сальники введення силових провідників,
- 2 - сальник введення провідників трансформатора струму,
- 3 - регулятор коефіцієнта потужності,
- 4 - привід поворотний автоматичного регулятора,
- 5 - болт для підключення переносного заземлення,
- 6 - багатофункціональний вимірювальний контролер.

### Технічні характеристики установки КРП-0,4-167-33 УЗ-У1

Назва	Потужність $Q_{\text{НОМ}}$ , квар	Струм, $I_{\text{НОМ}}$ , А	Струм, $I_{\text{МАКС}}$ , А	Кабель, мм <sup>2</sup>	Маса, кг
УКРП-0,4-167-33 УЗ-У1	167	240,48	313	3×120	90

Габаритні, установочні розміри і розташування органів управління і контролю УКРП

## Загальний вигляд ламп різного типу



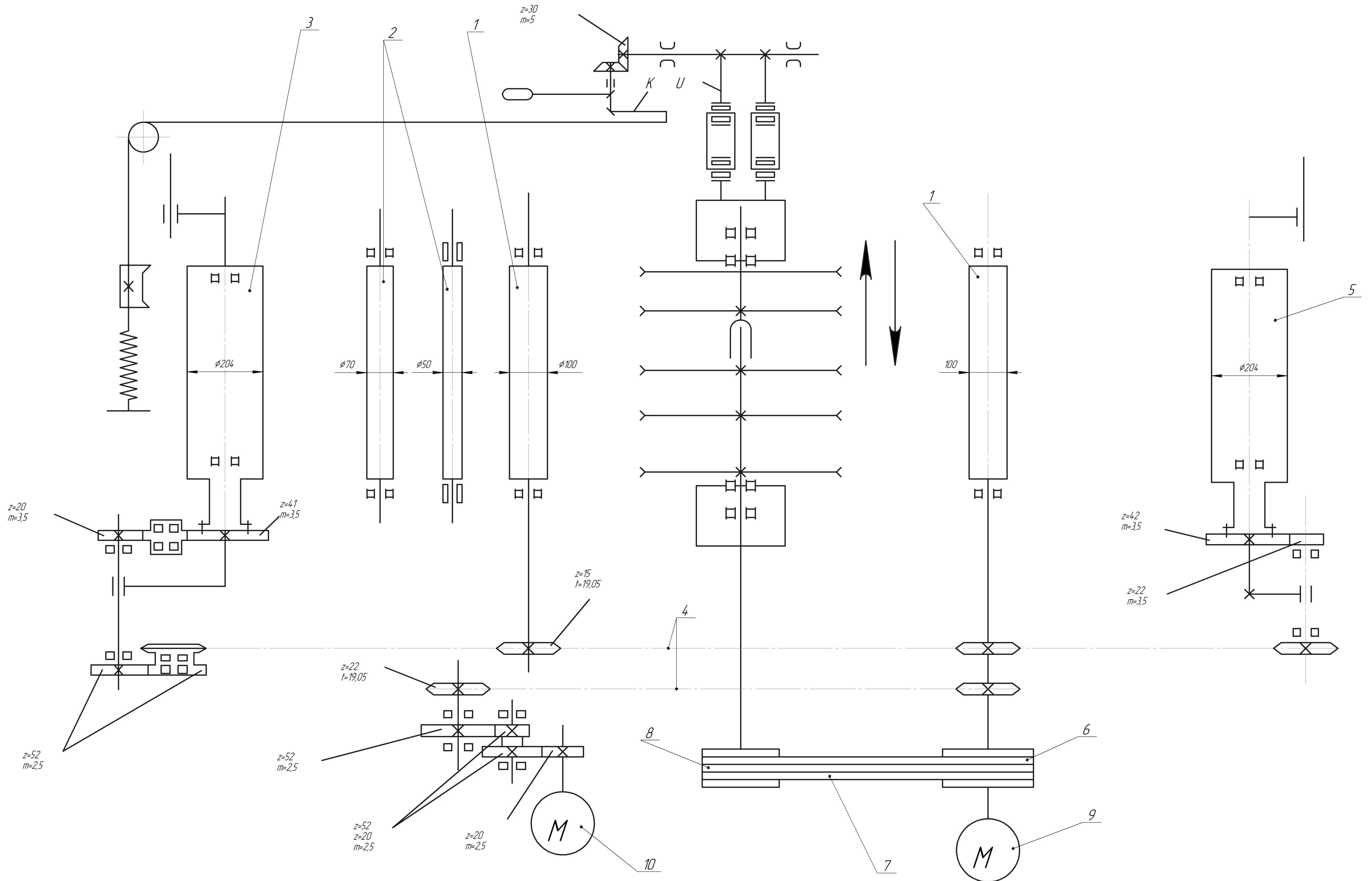
### Технічні характеристики різних видів ламп

Характеристика	Лампа розжарювання	Люмінесцентна лампа	Світлодіодна лампа
Яскравість	Середня	Низька	Висока
Тривалість роботи, год.	1000	10000	30000
Інфрачервоне випромінювання	Дуже високе	Дуже низьке	Відсутнє
Ультрафіолетове випромінювання	Середнє	Дуже високе	Відсутнє
Світлова віддача, Лм/Вт	7-17	40-60	50-80
Вартість	Низька	Середня	Висока
Споживання енергії, Вт/ч	$\geq 25$	$\geq 20$	7-21

### Характеристики ламп розжарювання та світлодіодних ламп

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

# КІНЕМАТИЧНА СХЕМА СТАНКА





# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ В РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАНОМУ ЦЕХУ ПАТ «ЗАПОРІЖЖЯОБЛЕНЕРГО»

Порівняння варіантів підключення компенсуючих пристроїв

Найменування показника		I варіант	II варіант	III варіант
Капітальні витрати, тис.грн	КРП	-	33,30	66,70
	КП	111,60	68,40	-
	ВКУ	-	24,20	44,20
	ΣК	902,40	916,70	987,50
Втрати потужності, кВт	КП	27,20	22,80	18,90
	КЛ	6,81	8,52	12,74
	ΣР	34,01	31,32	31,64
Втрати електроенергії, МВт·год	КТП	415,80	460,50	541,40
	КП+КЛ	123,60	113,80	46,30
	ΣW	539,34	574,30	587,70
Експлуатаційні витрати,		132,10	140,70	160,80
Економічний ефект, тис.грн		127,70	118,40	113,60

Техніко-економічні показники запропонованих заходів

Показники	Одиниці виміру	Енергозберігаючий захід			Всього
		Компенсація реактивної потужності	Модернізація системи освітлення	Заміна двигунів	
Капітальні витрати	млн. грн.	0,112	0,109	0,486	0,707
Економія, за рахунок заходу	млн. грн.	0,428	0,103	0,357	0,888
Ефективність капіталовкладень	-	3,821	0,945	0,735	1,256
Термін окупності	років	0,26	1,06	1,36	0,80

