

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розробка заходів зниження втрат електричної енергії
в системі електропостачання промислового підприємства**

Виконав: студент 6 курсу, групи ЕТм-63

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

		Ільчук М.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Зінь М.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Коваль В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Коваль В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		Габрусєв Г.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Факультет *прикладних інформаційних технологій та електроінженерії*
(повна назва факультету)

Кафедра *електричної інженерії*
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *Коваль В.П.*

«_____» _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня *магістр*
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю *141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
(шифр і назва)

студенту *Ільчуку Максиму Володимировичу*
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка заходів зниження втрат електричної енергії
в системі електропостачання промислового підприємства*

Керівник роботи *Зінь Мирослав Михайлович, к.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від *10 жовтня 2024 року № 4/7-983*

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи *Опис основних джерел отримання енергії підприємством, характеристика споживачів електричної енергії на підприємстві, схема електропостачання підприємства включаючи підстанції, трансформатори та електричні мережі.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- 1. Аналітичний розділ.*
- 2. Розрахунково-дослідницький розділ.*
- 3. Проектно-конструкторський розділ.*
- 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Презентація з наведеними результатами роботи, порівняльні таблиці, обов'язкові слайди з наведеними заходами по зниженню втрат електричної на промисловому підприємстві.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	к.т.н., доц. Гурик О.Я.		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	ст. викл. Клепчик В.М.		
<i>Нормоконтроль</i>	к.т.н., зав. каф ЕІ Коваль В.П.		

7. Дата видачі завдання

11 жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи	11.10.24 – 20.11.24	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	21.11.24 – 01.12.24	
3	Підготовка розділу «Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях»	02.12.24 – 05.12.24	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	06.12.24 – 10.12.24	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	10.12.24 – 15.12.24	
6	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	15.12.24 – 20.12.24	

Студент

(підпис)

Ільчук М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Зінь М.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг кваліфікаційної роботи магістра складає 79 сторінок. В роботі міститься 15 рисунків, 22 формули і 18 таблиць.

У магістерській кваліфікаційній роботі на тему «Розробка заходів зниження втрат електричної енергії в системі електропостачання промислового підприємства» були досліджені ключові фактори, які впливають на рівень таких втрат а також запропоновані ефективні методи та заходи по їх зменшенню.

Метою кваліфікаційної роботи є : розробка заходів для зменшення втрат електричної енергії в системі електропостачання промислового підприємства, що сприятиме підвищенню енергоефективності, зниженню експлуатаційних витрат та покращенню екологічної ситуації.

Об'єктом дослідження є: система електропостачання промислового підприємства, зокрема, процеси енергоспоживання, трансформаторні підстанції, кабельні лінії, розподільчі пристрої та інші компоненти.

Предметом дослідження є: методи та заходи для оптимізації витрат енергії в енергетичній системі підприємства, включаючи аналіз ефективності трансформаторних підстанцій, кабельних ліній, розподільчих пристроїв та оптимізацію енергоспоживання на всіх етапах електропостачання.

Перелік ключових слів :

ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СХЕМА НАВАНТАЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	6
 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	 8
1.1 Оцінка структури передачі електричної на промисловому підприємстві.....	8
1.2 Класифікація втрат електричної енергії на промисловому підприємстві.....	11
1.3 Основні напрями зниження втрат електричної енергії.....	17
1.4 Висновки до розділу 1	22
 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	 24
2.1 Коротка характеристика підприємства.....	24
2.2 Характеристика електропостачання підприємства	24
2.3 Електротехнологічні установки підприємства	30
2.4 Характеристика використання електроенергії підприємством	32
2.5 Висновки до розділу 2	43
 3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	 44
3.1 Технологічні втрати електричної енергії на підприємстві.....	44
3.2 Визначення втрат електроенергії у компресорних установках	48

3.3 Втрати електроенергії в електрозварювальних апаратах та електродвигунах	50
3.4 Складання технологічного балансу підприємства та балансу підприємства по підрозділах	51
3.5 Розробка заходів щодо зменшення витрат електричної енергії на підприємстві	55
3.5.1 <i>Заміна робочого трансформатора на менш потужній</i>	55
3.5.2 <i>Компенсація реактивних навантажень споживачів</i>	60
3.5.3 <i>Регулювання добових графіків навантаження</i>	61
3.5.4 <i>Вдосконалення освітлювальної системи підприємства</i>	63
3.6 Висновки до розділу 3	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
4.1 Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації електрообладнання на промисловому підприємстві	68
4.2 Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність питання підвищення енергоефективності виробничого процесу на підприємствах зростає щороку, оскільки сучасні виробничі умови вимагають постійної модернізації технологічних процесів та вдосконалення енергетичних систем. Високий рівень енергоспоживання без належного контролю веде до значних економічних втрат, які можуть бути знижені за допомогою впровадження ефективних заходів з оптимізації та модернізації систем електропостачання. Враховуючи, що витрати на енергію становлять значну частину витрат підприємства, питання енергоефективності є надзвичайно важливим не лише з економічної, а й з соціальної та екологічної точок зору.

Впровадження ефективних заходів зниження енергетичних втрат дозволяє зменшити не тільки витрати підприємства на електричну енергію, але й мінімізувати екологічне навантаження на навколишнє середовище. Крім того, за допомогою сучасних технологій і рішень можна значно підвищити рівень енергоефективності та знизити рівень шкідливих викидів, що є важливою складовою сталого розвитку промислових підприємств.

Метою кваліфікаційної роботи є: розробка заходів для зменшення втрат електричної енергії в системі електропостачання промислового підприємства.

Реалізація запропонованих рішень дозволить значно підвищити енергоефективність підприємства, зменшити експлуатаційні витрати та позитивно вплинути на екологічну ситуацію шляхом зменшення споживання енергетичних ресурсів.

У роботі буде детально розглянуті фактори, що впливають на рівень втрат електричної енергії, проведено аналіз існуючої системи електропостачання обраного підприємства, а також розроблені конкретні заходи для зниження цих втрат. Завдяки запропонованим рекомендаціям підприємство зможе значно підвищити свою енергоефективність, зменшити витрати на електричну енергію та забезпечити сталий розвиток в умовах сучасних енергетичних викликів.

Крім того, важливою частиною роботи є економічний аналіз ефективності запропонованих заходів. Завдяки цьому, буде проведена оцінка не лише технічної, але й фінансової доцільності впровадження запропонованих рішень, що дозволить підприємству прийняти обґрунтоване рішення щодо модернізації своїх електричних мереж. Практична реалізація результатів роботи допоможе значно знизити витрати на енергію, поліпшити екологічні показники та сприятиме загальному розвитку підприємства.

Об'єктом дослідження є: система електропостачання промислового підприємства, зокрема, процеси енергоспоживання, трансформаторні підстанції, кабельні лінії, розподільчі пристрої та інші компоненти.

Предметом дослідження є: методи та заходи для оптимізації витрат енергії в енергетичній системі підприємства, включаючи аналіз ефективності трансформаторних підстанцій, кабельних ліній, розподільчих пристроїв та оптимізацію енергоспоживання на всіх етапах електропостачання.

Апробація роботи. Ільчук М.В. Аналіз втрат електричної енергії в системі електропостачання промислового підприємства / М.М. Зінь, В.І. Гетманюк, М.В. Ільчук // Збірник тез доповідей. Матеріали VIII міжнародної студентської науково - технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (м. Тернопіль, 24 - 25 квітня 2025р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2025.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (37 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 79 сторінок, 22 формули, 18 таблиць і 15 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Оцінка структури передачі електричної на промисловому підприємстві

Сучасні системи електропостачання промислових підприємств складаються з пристроїв виробництва електроенергії та (або) пунктів приймання її з енергосистеми - головних понижувальних підстанцій (ГПП), головних розподільчих пунктів (ГРП), проміжних розподільчих пунктів (РП), десятків і навіть сотень трансформаторних підстанцій (ТП), а також перетворювальних підстанцій (ПП), ліній електропередачі (ЛЕП) значної протяжності, які зв'язують мережеві об'єкти за визначеними схемами. Ці схеми характеризуються значним різноманіттям і мають структурну, ієрархічну побудову, що являє собою орієнтований граф, де коренем є джерела живлення, вершинами - окремі електроприймачі. Між 0-м і 1-м рівнями організовується зовнішнє, 1-м і 5-м - внутрішнє (внутрішньозаводське - 1-3-й рівні, цехове - 3-5-й рівні) електро-постачання.

Електропостачання промислових підприємств в основному здійснюється від районних електроенергетичних систем (централізоване електропостачання). Можливі варіанти і комбінованого живлення, за якого підприємство отримує електричну енергію від електроенергетичних систем (ЕСС) і власної електростанції, а також у рідкісних випадках забезпечення підприємства живленням тільки від власної електростанції. Доцільність спорудження власної електростанції обумовлюється техніко-економічними міркуваннями, серед яких: потреба в тепловій енергії для виробничих потреб, віддаленість підприємства від енергосистем, наявність і можливість використання вторинних енергоресурсів як палива для електростанції, рівень надійності електропостачання.

Живлення промислового підприємства може бути підведене до одного

загального або до двох і більше приймальних пунктів. Від одного пункту приймання електроенергії можуть житися одне або більше промислових підприємств, розташований поблизу мікрорайон або інші споживачі. Усі пункти приймання електроенергії від ЕЕС, а також власні станції підприємства електрично зв'язуються між собою.

Наявність того чи іншого пункту приймання електроенергії на промисловому підприємстві обумовлюється здебільшого величиною споживаної потужності та віддаленістю підприємства від джерела живлення. Наприклад, за відносно невеликої відстані (до 8 км) підприємства малої та середньої потужності здебільшого отримують електроенергію на напрузі 6-20 кВ, пунктом приймання є ГРП, який без трансформації зазначеної напруги розподіляє електроенергію всередині підприємства.

Малі підприємства мають здебільшого один пункт приймання електроенергії у вигляді розподільчого пункту 6-20 кВ або цехової трансформаторної підстанції. Підприємства малої та середньої потужності розташовують одним-двома приймальними пунктами у вигляді ГПП, ГРП; підприємство великої потужності - одним або більше приймальними пунктами у вигляді ГРП, ГПП, ПГВ.

Пункти приймання електроенергії можуть житися відпайками від ЛЕП, що проходять, або безпосередньо від розподільних пристроїв підстанцій і електростанцій енергосистеми.

Внутрішньозаводське електропостачання на діючих підприємствах виконується за ступінчастим принципом в основному на напрузі 6-10 кВ. Перспективним є переведення мережі з 6 на 10 кВ, а на новозбудованих великих підприємствах - застосування напруги 20 кВ. За одноступеневих схем відсутні проміжні РП. За дво- і більше ступеневих схем застосовуються РП, від яких живляться ТП і високовольтні електроприймачі другого ступеня, а також РП подальшого ступеня розподілу електроенергії.

Необхідність спорудження і кількість проміжних РП визначаються в основному величиною і територіальним розміщенням електричного наванта-

ження. Кількість ТП регламентується обраною потужністю силових трансформа-

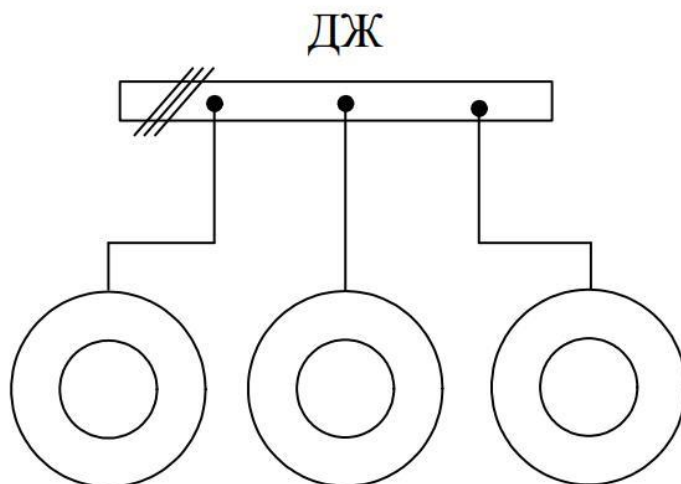


Рисунок 1.1 – Схема підключення від РП (радіальна)

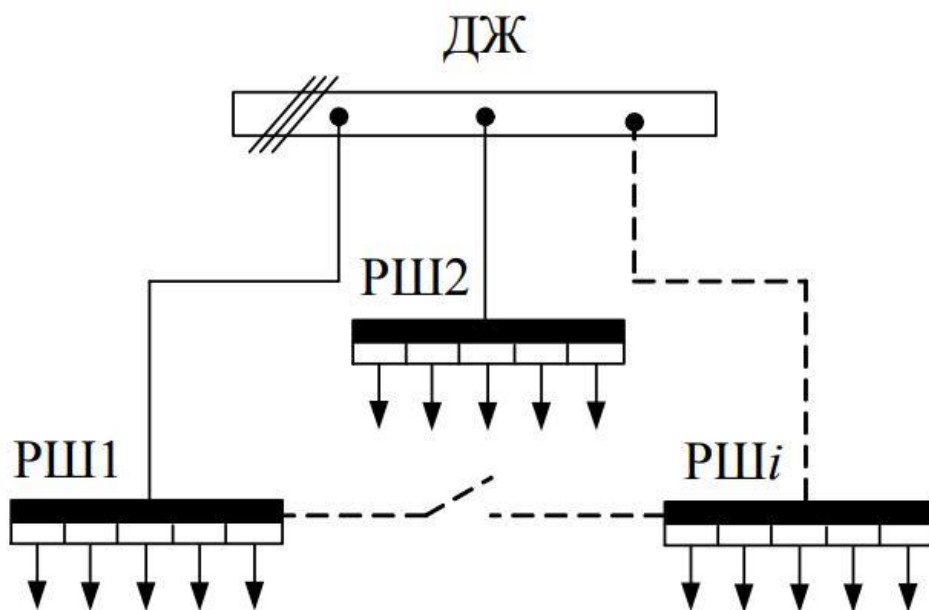


Рисунок 1.2 – Схема підключення з РШ (розподільними шафами)

торів і їхньою кількістю на підстанції. При глибоких вводах внутрішньо-заводське електропостачання може здійснюватися на напрузі 35 кВ і вище. При цьому до споживачів підводиться максимально висока напруга і застосовуються розукрупнені понижувальні підстанції глибоких вводів (ПГВ) 35/0,4; 110/6-10 кВ.

Цехове електропостачання здійснюється переважно на напрузі 380/220 В з перспективою застосування за наявності техніко-економічного обґрунтування напруги 660 В.

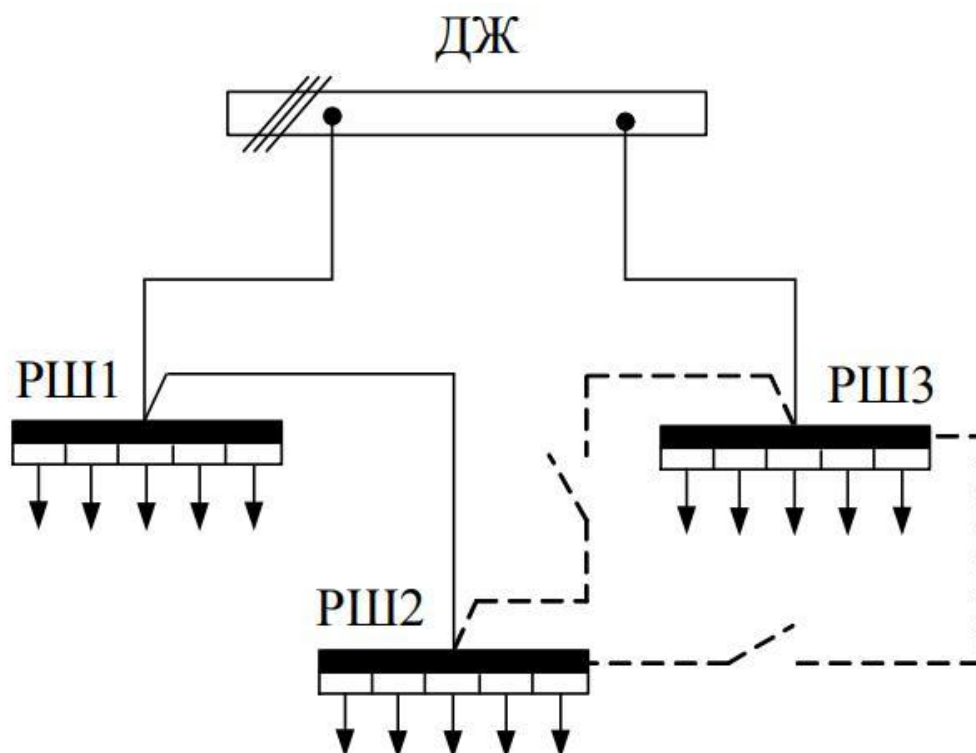


Рисунок 1.3 – Магістральне підключення з РШ (розподільними шафами)

1.2 Класифікація втрат електричної енергії на промисловому підприємстві

Втрати електричної енергії на промислових підприємствах — це частина електроенергії, що не використовується безпосередньо для виконання технологічних операцій, а втрачається внаслідок різних фізичних та технічних процесів. Ефективне управління енергоспоживанням вимагає ідентифікації та мінімізації цих втрат, оскільки зниження втрат безпосередньо зменшує витрати підприємства на електроенергію, що є важливим фактором підвищення економічної ефективності та конкурентоспроможності.

Втрати електричної енергії на промислових підприємствах, як показано на рисунку 1.4, розподіляють на категорії:

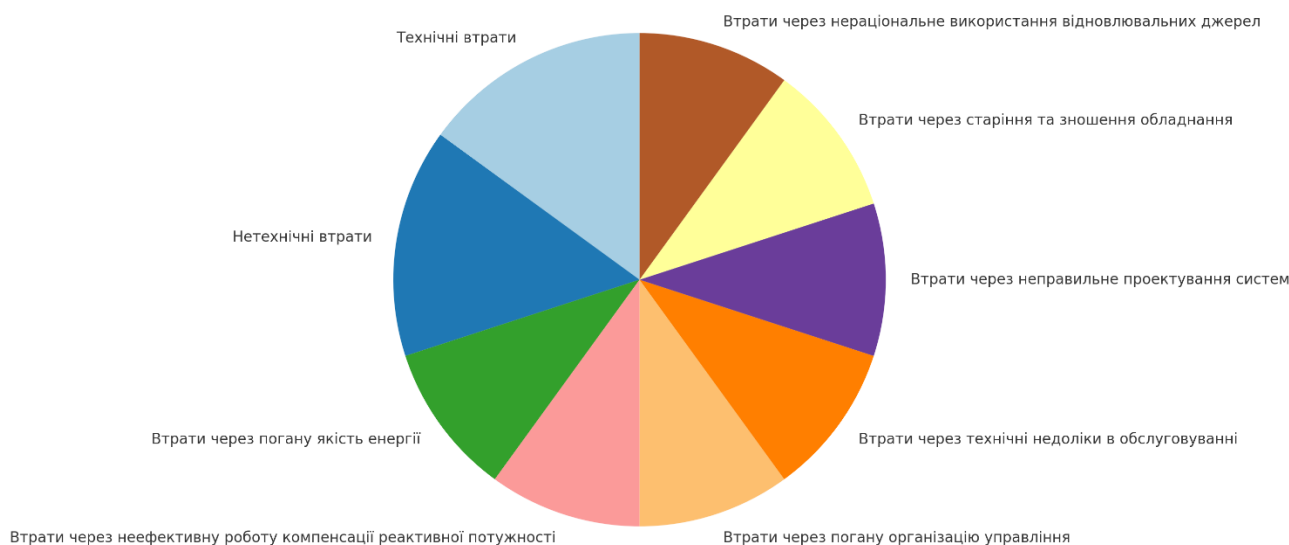


Рисунок 1.4 – Класифікація втрат електричної енергії на промисловому підприємстві

1. Технічні (внутрішні) втрати

Технічні втрати — це втрати електричної енергії, які виникають через фізичні та електричні процеси в енергосистемах підприємства. Вони обумовлені характеристиками устаткування та технологічних процесів, і не можуть бути повністю усунені, однак їх можна значно зменшити завдяки модернізації технічних засобів.

Втрати в електричних мережах. Утворюються в результаті опіру проводів і трансформаторів, що призводить до нагрівання і витрати енергії на подолання опору.

Втрати в електродвигунах та іншому обладнанні. Старі та неефективні двигуни, трансформатори та інші елементи електричних систем зазвичай мають низький ККД, що призводить до значних втрат.

Втрати в розподільних пристроях (перемикачах, розподільних шафах, пускових пристроях тощо). Утворюються в результаті низької якості обладнання або його неналежним технічним станом.

2. Нетехнічні (зовнішні) втрати

Нетехнічні втрати часто пов'язані з організаційними помилками або несанкціонованим використанням електричної енергії.

Несанкціоноване споживання енергії. Це одна з найбільш поширених причин втрат, коли сторонні особи або навіть працівники підприємства здійснюють крадіжки електричної енергії, підключаючи несанкціоновані лінії.

Помилки в обліку електроенергії. Неточності в показаннях лічильників, їх неправильна установка або збої в роботі облікових систем можуть призводити до невірних даних про реальне споживання електроенергії.

Технологічні недоліки в процесах управління та обліку енергії. Включення обладнання в неналежні часи, тривале використання енергії без реальної потреби, а також неефективне використання споживаної енергії через погане управління можуть бути основними причинами нетехнічних втрат.

3. Втрати, що виникають через погану якість електричної енергії

Низька якість електроенергії може викликати додаткові втрати енергії в промисловому підприємстві. Це включає:

Пошкодження обладнання через коливання напруги або частоти. Збільшення напруги або частоти може призвести до перегріву або навіть поломки обладнання.

Гармоніки. Спотворення форми синусоїдального сигналу (гармоніки) через наявність електронного обладнання з нелінійними навантаженнями може спричиняти додаткові втрати в електричних мережах.

Реактивна потужність. Наявність реактивної потужності в електричних мережах може знижувати ефективність передачі активної потужності, що призводить до непотрібних втрат у трансформаторах та проводах.

4. Втрати через неефективну роботу систем компенсації реактивної потужності

Реактивна потужність не приносить корисної роботи, але необхідна для підтримки магнітних полів у трансформаторах та електродвигунах. Однак її надлишок може призвести до додаткових втрат в електричних мережах та обладнанні. Для компенсації реактивної потужності використовуються

конденсаторні установки, однак в разі їх неналежної експлуатації або недостатньої потужності, можуть виникати втрати, що знижують ефективність енергоспоживання.

Основні причини втрат, пов'язаних з реактивною потужністю:

Низька якість компенсації. Неправильно підібрані або неправильно налаштовані конденсаторні батареї можуть призводити до небажаного зростання реактивної потужності.

Нестабільність навантаження. На підприємствах із змінними навантаженнями, де компенсація реактивної потужності відбувається на основі середніх показників, може виникнути ситуація, коли реактивна потужність не компенсується в повному обсязі, що веде до непотрібних втрат.

Застаріле обладнання. Старі трансформатори і електричні щити часто не мають достатніх можливостей для компенсації змінюваної реактивної потужності, що призводить до додаткових енергетичних витрат.

5. Втрати через погану організацію управління енергоспоживанням

Відсутність належної організації обліку та контролю за енергоспоживанням також може бути значною причиною втрат. Погано налаштовані системи обліку, відсутність диспетчеризації споживання або неможливість здійснювати моніторинг в режимі реального часу можуть призводити до значних втрат через неефективне використання енергії. Крім того, помилки в розрахунках можуть призвести до нераціонального включення або виключення обладнання.

Види втрат через погану організацію:

Включення обладнання без необхідності. Наприклад, якщо електродвигуни чи іншої техніки працюють без реальної потреби (наприклад, вночі або у вихідні).

Помилки у вимірюванні та обліку. Якщо лічильники не налаштовані коректно або дають неточні дані, це може призвести до перевищення споживаних норм.

Неоптимізовані графіки роботи обладнання. Наприклад, обмеження навантаження на обладнання, яке не працює в найбільш ефективних режимах.

6. Втрати через технічні недоліки в обслуговуванні та ремонті обладнання

Вчасне обслуговування та правильний ремонт обладнання є важливими чинниками у зменшенні технічних втрат. Проблеми з обладнанням, що не було своєчасно відремонтоване чи модернізоване, можуть призводити до додаткових енергетичних втрат, збільшення навантаження на мережу та нестабільності в енергопостачанні.

Причини втрат через погане обслуговування:

Перегрів трансформаторів і двигунів через відсутність обслуговування чи вчасної заміни зношених деталей.

Нерегулярні перевірки і ремонт електричних ліній. Внаслідок цього на деяких ділянках можуть виникати перевантаження, що призводить до додаткових втрат.

Невідповідність стандартам енергоефективності через несвоєчасну модернізацію обладнання, що знижує загальний ККД енергосистеми.

7. Втрати через неправильне проектування електричних систем

Неправильне проектування та несумісність компонентів електричних систем також можуть спричиняти додаткові втрати. Це включає неякісно розроблену систему розподілу електроенергії, неправильно підібрані кабелі або трансформатори, а також недостатнє врахування змінюваних навантажень в процесі виробництва. Невідповідність параметрів проектних рішень реальним умовам експлуатації призводить до перевантажень і додаткових втрат енергії.

Невідповідність вибору потужності. Проектування електричних систем без урахування реальних умов експлуатації може призвести до неправильно підібраних трансформаторів, що не відповідають режимам навантаження підприємства.

Незбалансоване навантаження на окремі ділянки електричних мереж, коли одна частина мережі завантажена більше за іншу, може спричинити перевитрату енергії, оскільки потрібно більше енергії для компенсації цих перевантажень.

Неврахування змінних навантажень на виробничі процеси, що потребують змінної кількості енергії в залежності від зміни технологічного процесу.

8. Втрати через старіння та зношення обладнання

З часом всі електричні компоненти зазнають зносу, що призводить до збільшення енергетичних втрат. Це може стосуватися як трансформаторів, так і електродвигунів, генераторів та інших елементів системи. При старінні обладнання погіршується його ефективність, що призводить до додаткових енергетичних витрат.

Погіршення ізоляції. З часом ізоляція проводів та трансформаторів може втрачати свої властивості, що призводить до витоків енергії.

Зниження ККД двигунів. Старі мотори працюють менш ефективно, втрачаючи більше енергії в процесі нагрівання.

Знос механічних частин. Зношені підшипники, вали та інші механічні компоненти можуть спричиняти додаткові втрати через тертя та вібрації.

9. Втрати через нераціональне використання відновлювальних джерел енергії

Енергетичних систем з поновлюваними джерелами енергії, таких як сонячні панелі та вітрові установки, набуває дедалі більшої популярності в промисловості. Однак, неправильне планування або неякісна інтеграція цих джерел в існуючі енергетичні системи може спричинити енергетичні втрати.

Недостатній контроль за виробництвом енергії. Нерегульований або погано налаштований процес інтеграції відновлювальних джерел може призвести до втрат, оскільки згенерована енергія не завжди використовується ефективно.

Неврахування енергетичних коливань. Відновлювальні джерела енергії часто мають змінний характер постачання (наприклад, вітрові турбіни та сонячні батареї залежать від погодних умов), що може створювати нестабільність у постачанні енергії та викликати додаткові втрати.

1.3 Основні напрями зниження втрат електричної енергії

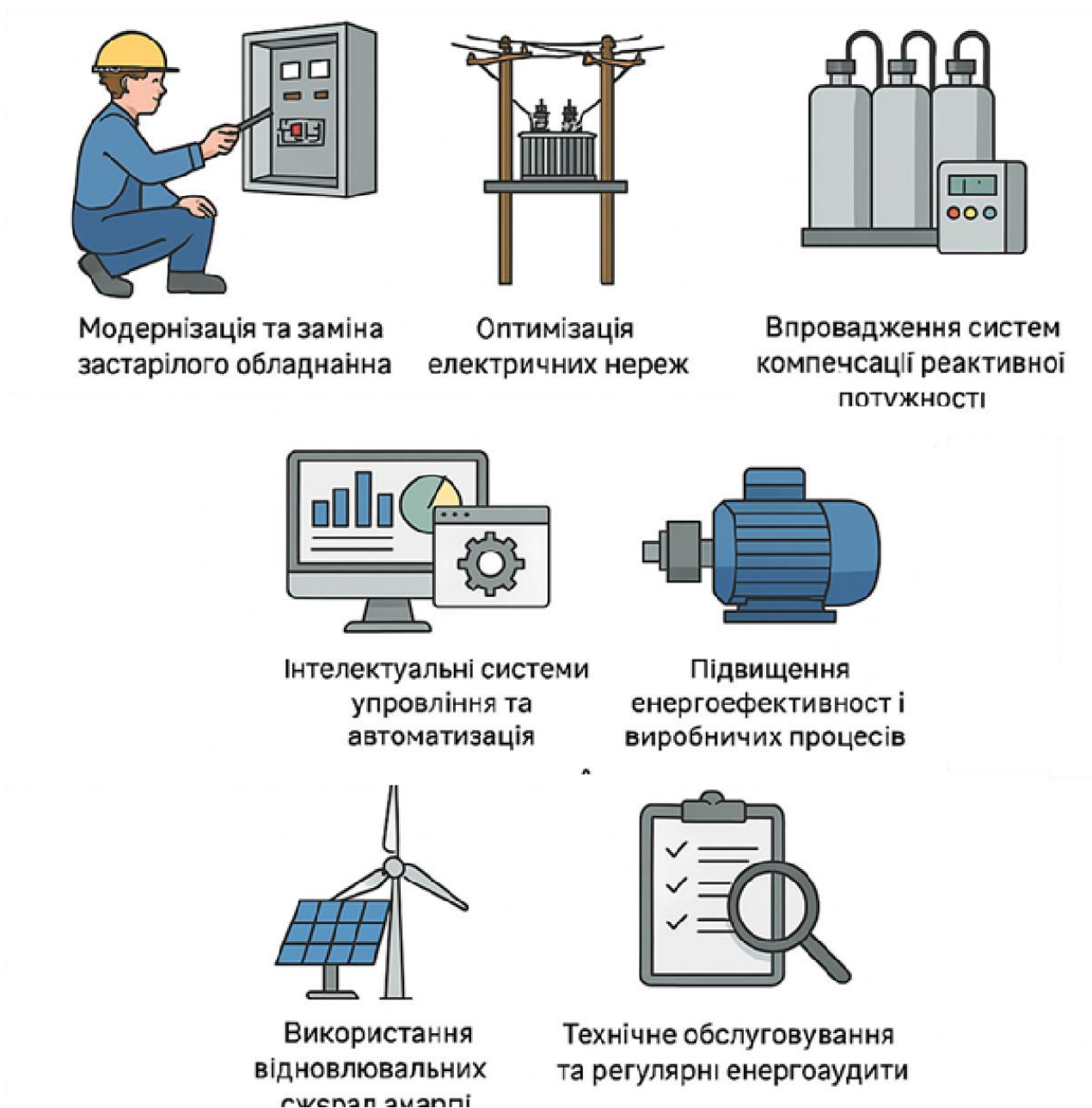


Рисунок 1.5 – Основні напрями зниження втрат електричної енергії

Впровадження заходів для зниження втрат енергії дозволяє підвищити продуктивність підприємства, зменшити витрати на електроенергію, а також сприяє збереженню навколишнього середовища. Ось основні напрями, які допомагають знизити втрати електричної енергії:

1. Модернізація та заміна застарілого обладнання

Одним із найефективніших способів зменшення втрат є модернізація технічного обладнання. Старі та неефективні пристрої споживають більше енергії, оскільки мають низький ККД. Замінюючи їх на сучасні зразки, можна суттєво знизити енергетичні витрати.

Заміна старих трансформаторів

Трансформатори старих моделей мають великі втрати на холостому ходу та при навантаженні. Сучасні трансформатори, оснащені вдосконаленими магнітопровідними матеріалами, знижують ці втрати і мають значно більший ККД. Заміна старих трансформаторів дозволяє досягти значної економії електроенергії в довгостроковій перспективі.

Енергозберігаючі освітлювальні системи

Переходячи на енергозберігаючі освітлювальні системи, можна значно скоротити споживання ЕЕ, ефективним варіантом є встановлення світлодіодних ламп (LED), що споживають на 50-80% менше енергії в порівнянні з традиційними ЛР.

Заміна старих електродвигунів

Старі електродвигуни можуть мати дуже низький ККД, що призводить до високих енергетичних витрат. Сучасні електродвигуни, що відповідають європейським стандартам IE3 або IE4, є набагато більш ефективними і дозволяють знижувати втрати енергії на 10-20%.

Автоматизація освітлення та інших систем

Використання автоматичних систем керування освітленням і іншими електричними системами дозволяє значно підвищити ефективність споживання ЕЕ. Наприклад, датчики руху і сенсори освітленості можуть автоматично

вимикати або знижувати рівень освітлення в порожніх приміщеннях, що дає змогу заощаджувати електроенергію.

2. Оптимізація електричних мереж

Не менш важливим аспектом є удосконалення та модернізація електричних мереж. Більшість втрат електричної енергії на підприємствах відбуваються через опір проводів, погану організацію мереж та неправильно підібране обладнання.

Заміна застарілих кабелів і проводів

Заміна старих проводів, виготовлених з алюмінію, на мідні чи інші більш ефективні матеріали дозволяє зменшити втрати через опір проводів. Мідні дроти мають менший опір і дозволяють передавати більше енергії з меншими втратами.

Інвестиції в високовольтні лінії передачі

Для підприємств, де є потреба у передачі великих обсягів електроенергії на великі відстані, доцільно використовувати високовольтні лінії передачі.

Використання інтелектуальних мереж та систем управління

Впровадження систем диспетчеризації та автоматичного управління енергоспоживанням дозволяє більш точно регулювати навантаження на мережі. Завдяки цьому зменшується ймовірність перевантажень, що сприяє зниженню втрат.

Налаштування балансування навантажень

Важливо правильно балансувати навантаження на окремі ділянки електричних мереж, що дозволяє рівномірно розподіляти енергію та зменшити втрати. Для цього використовуються автоматичні регулятори та системи контролю.

3. Впровадження систем компенсації реактивної потужності

Реактивна потужність не використовується для виконання корисної роботи, але вона необхідна для створення магнітних полів в електродвигунах та

трансформаторах. Проте надмірна реактивна потужність призводить до додаткових втрат у мережах.

Конденсаторні батареї

Інсталяція конденсаторних батарей для компенсації реактивної потужності дає змогу зменшити навантаження на мережу, покращити коефіцієнт потужності ($\cos \phi$) і зменшити втрати енергії в трансформаторах і проводах.

Синхронні компенсатори

Це більш складне обладнання, яке дозволяє не тільки компенсувати реактивну потужність, а й забезпечувати стабільність роботи електричної мережі. Встановлення синхронних компенсаторів на великих підприємствах дає змогу досягти значної економії енергії.

4. Використання сучасних автоматизованих систем

Використання сучасних технологій для автоматизації та моніторингу енергоспоживання на підприємствах допомагає знизити втрати електричної енергії за рахунок точнішого контролю та ефективного використання енергоресурсів.

Системи автоматизованого обліку (АСОЕ)

Встановлення сучасних автоматизованих систем обліку електричної енергії дозволяє отримувати дані про споживання в реальному часі, що дає змогу виявляти та усувати неефективне використання енергії, а також сприяє оптимізації навантаження на електричні мережі.

SCADA-системи

Системи диспетчеризації та автоматизованого управління (SCADA) дозволяють моніторити роботу всіх енергетичних систем підприємства, проводити аналіз витрат та виявляти неефективні ділянки. Автоматичне коригування параметрів споживання допомагає оптимізувати процеси і знижує втрати енергії.

Системи управління навантаженнями

Застосування частотних перетворювачів для управління швидкістю обертання насосів, вентиляторів та інших механізмів сприяє енергоефективності, оскільки ці пристрої автоматично налаштовують потужність відповідно до зміни навантаження.

5. Підвищення енергоефективності виробничих процесів

Зниження втрат енергії можна досягти також шляхом оптимізації виробничих процесів, що включають енергозберігаючі технології та удосконалення робочих процесів.

Частотні перетворювачі

Перетворювачі дають змогу регулювати швидкість обертання електродвигунів, що дозволяє заощаджувати енергію в ситуаціях, коли не потрібно використовувати повну потужність двигуна. Це особливо актуально для насосів, вентиляторів та компресорів.

Теплові насоси та рекуперація тепла

Технології рекуперації тепла дають змогу використовувати відпрацьовану теплоту для обігріву приміщень чи підігріву води, що дозволяє значно знизити потребу в додатковій електричній енергії.

Інноваційні технології в обробці матеріалів

Використання більш енергоефективних технологій у виробництві, таких як індукційний нагрів або безперервне лиття, дозволяє знижувати енергоспоживання при одночасному підвищенні продуктивності.

6. Використання енергетичних ресурсів з поновлюваних джерел

Використання енергетичних ресурсів з поновлюваних джерел допомагає знизити споживання традиційних енергоносіїв та зменшити витрати на електроенергію.

Сонячні батареї

Встановлення сонячних панелей на даху підприємства чи в межах території дозволяє забезпечити частину енергетичних потреб за рахунок сонячної енергії, що зменшує залежність від зовнішніх джерел електропостачання.

Вітрові турбіни

Вітрові установки використовують енергію вітру для виробництва електричної енергії, що дає змогу знизити витрати на ЕЕ на підприємствах, розташованих у районах з постійними вітровими потоками.

Біогаз

Використання біогазу для виробництва електроенергії стає все більш популярним серед підприємств, які займаються переробкою органічних відходів. Це дає змогу зменшити витрати на ЕЕ.

7. Технічне обслуговування та регулярні енергоаудити

Регулярне обслуговування обладнання та проведення енергоаудитів допомагають виявити слабкі місця в енергосистемі підприємства і прийняти заходи для їх усунення.

Енергоаудити

Проводячи енергоаудит, підприємство може виявити неефективні ділянки в енергетичних системах і прийняти рішення про їх модернізацію. Це включає аналіз витрат на електричну енергію, перевірку роботи обладнання та перевірку споживаних ресурсів.

Регулярне обслуговування

Підтримка обладнання в робочому стані шляхом регулярного технічного обслуговування допомагає забезпечити його ефективну роботу, уникнути зношування деталей та зменшити втрати енергії.

1.4 Висновки до розділу 1

1. У першому розділі ми розглянули структуру та класифікацію втрат електричної енергії на промислових підприємствах, а також основні напрями зниження цих втрат.

2. Описали ключові аспекти електропостачання, зокрема структуру і організацію внутрішнього та зовнішнього живлення підприємства, а також класифікацію технічних і нетехнічних втрат.

3. Дано детальний аналіз причин втрат енергії, зокрема через погану якість електричної енергії, неефективне управління та зношення обладнання.

У підсумку, ефективне управління енергоспоживанням на промислових підприємствах допомагає зменшити витрати на електроенергію та покращити конкурентоспроможність компаній а також сприяти збереженню навколишнього середовища через зменшення викидів та енергетичних втрат.

2 ПРОЕКТНО - КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Коротка характеристика підприємства

Тернопільський завод залізобетонних конструкцій (ЗАТ Тернопільський ЗБК) належить до Міністерства палива та енергетики України.

Основною продукцією підприємства є залізобетонні вироби:

- ✓ опори ліній електропередач СВ 105 – 3,6;
- ✓ опори ліній електропередач СВ 95 – 2;
- ✓ залізобетонні вироби із зварними каркасами до 50 та 100 кілограм (панелі перекладу різних типорозмірів);
- ✓ блоки фундаментні різних типорозмірів;
- ✓ товарний бетон, який відпускається безпосередньо для відливки опалубок та інших будівельних робіт.

Опори для ліній електропередач (ЛЕП) призначені для прокладання повітряних ЛЕП напругою 6,3 – 35 кВ.

Залізобетонні вироби із зварними каркасами представляють собою панелі перекладу різних типорозмірів та фундаментні блоки, що призначені для житлового так і для інших видів будівництва.

Поряд з основною продукцією підприємство випускає кольорову бруківку: циліндричну, для покриття тротуарів, пішохідних доріжок, площадок, посадочних площадок громадського транспорту.

В даний момент виготовлення бруківки призупинено.

Підприємство зменшило обсяги випуску продукції у зв'язку із зменшенням замовлень на неї.

2.2 Характеристика електропостачання підприємства

Загальне споживання електроенергії зі сторони (енергопостачальник – ВАТ «Тернопільобленерго», міський РЕМ) у 2022, 2023, 2024 роках становило відповідно 708,0; 1052,0; 608,0; тисяч кВт · год.

Джерело надходження електроенергії на підприємство - трансформаторна підстанція № 167 (ПС 35/10 кВ) з напругою високої сторони 10 кВ. Тобто категорія підприємства по надійності електропостачання третя.

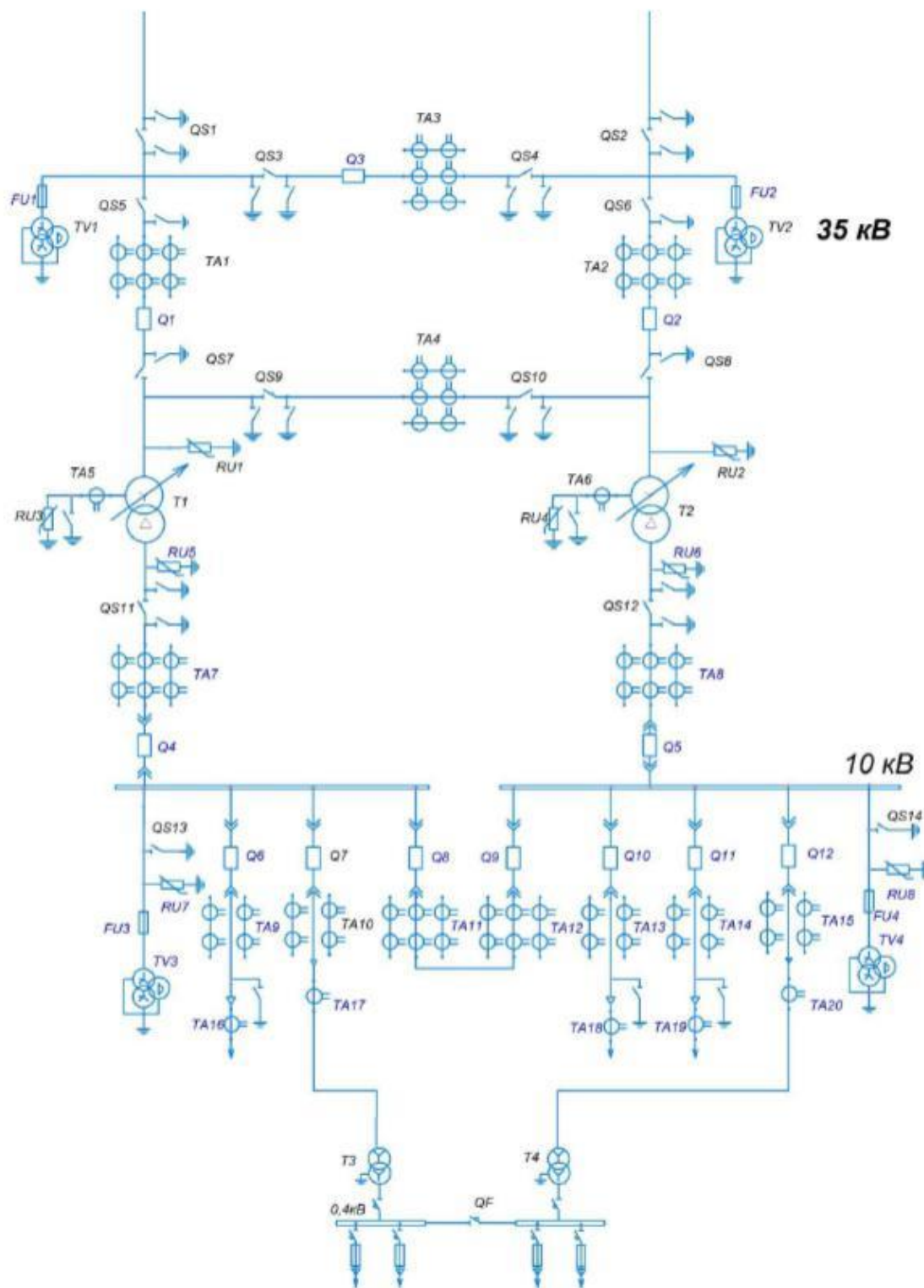


Рисунок 2.1 – ТП 35/10 кВ. Принципова схема.

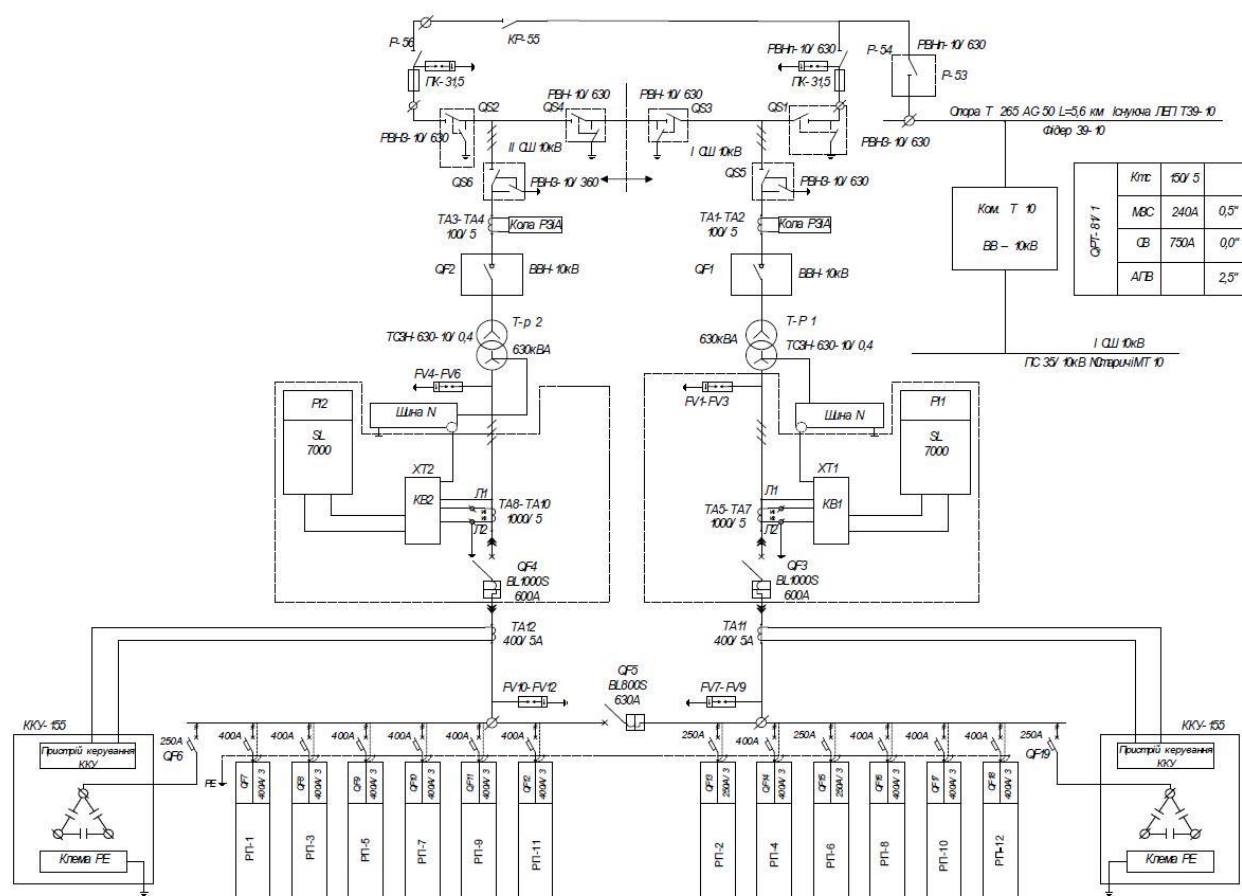


Рисунок 2.2 – Схема електропостачання підприємства

Енергоємність продукції зменшилась з 0,0666 кг у.п. / грн. у 2022 році до 0,0509 кг у.п. / грн. у 2023 та 0,0425 кг у.п. / грн. у 2024. Це говорить про проведення енергозберігаючих заходів на підприємстві. Зокрема знизилась електроємність продукції з 0,368 кВт · год / грн. у 2022 році до 0,254 кВт · год / грн. у 2024.

Енергоозброєність праці змінюється доволі динамічно та нестабільно. Максимум спостерігався у 2023 році та становив 1934,8 кг у.п./чол ПВП. А у 2022 та 2024 роках енергоозброєність праці становила відповідно 1440,8 та 1356,0 кг у.п./чол ПВП.

Детальна інформація про електроозброєність праці подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Узагальнені показники енергоспоживання

Найменування показників	Одиниця виміру	Роки		
		2022	2023	2024
Загальне споживання електроенергії	тис. кВт · год	708,0	1052,0	608,0
в тому числі зі сторони	тис. кВт · год	708,0	1052,0	608,0
	тис. грн.	117,8	241,6	125,0
Загальна вартість ПЕР	тис. грн.	158,9	283,8	158,6
Енергоємність продукції	кг у.п. / грн.	0,0666	0,0509	0,0425
Електроємність продукції	кВт · год / грн.	0,368	0,314	0,254
Енергоозброєність праці	кг у.п./чол ПВП	1440,8	1934,8	1356,0
Електроозброєність праці	кВт · год / чол. ПВП	7955,0	11954,5	8106,7
Енергоємність основних виробничих фондів	кг у.п. / грн.	0,0436	0,0578	0,0343
Електроємність основних виробничих фондів	тис. кВт · год / грн.	0,241	0,357	0,205
Енергетична потужність, обслуговуюча виробничий процес	тис. кВт.	1674	1650	1550

Споживаний добовий максимум потужності у 2022, 2023, 2024 роках становив відповідно 7500, 7000, 7000 кВт. При цьому зимові максимуми становили 640, 480, 400 кВт, а літні 224, 312, 336 кВт відповідно. Технологічна бронь на протязі останніх трьох років становила 200 кВА. Аварійна бронь за останні три роки також залишилась незмінною на рівні 6 кВА. Загальна

встановлена потужність силового трансформатора (на підприємстві один трансформатор) 630 кВА. Загальна встановлена потужність компенсуючих конденсаторів (конденсаторні батареї), які обладнані автоматичним регулюванням потужності зменшилась з 2022 року – 320 кВАр до 220 кВАр за останні два роки.

Середньозважений коефіцієнт потужності ($\cos \varphi / \tan \varphi$) підтримується на незмінному рівні 0,93 / 0,38. Мінімальне значення для регулювання коефіцієнта потужності на підприємстві допускається до $\cos \varphi = 0,91$. Максимальне обмеження споживання потужності згідно графіка обмежень енергопостачальника за останні три роки становить 200 кВт. Облік поставок зі сторони складає 100 %. Детальніша інформація по роках та для більшої наглядності наведена в таблиці 2.2.

Загальна встановлена потужність електроспоживаючого обладнання у 2024 році становила 1550,0 кВт. Потужність електроприладів для технологічних процесів 580,0 кВт всього. В тому числі на сушку, нагрівання, термообробку залізобетону та бетону 422,0 кВт (чотири сушильних електропечі). Загальна потужність електрозварювальних апаратів у 2024 році становила 158,0 кВт. Загальна потужність електродвигунів у 2024 році сягала 970,0 кВт. Для обробки металів різанням встановлена потужність дорівнювала 25,0 кВт.

На виробництво стиснутого повітря електрична потужність двигунів становила 400,0 кВт. На вентиляцію та кондиціонування – 35,0 кВт. Для перекачки питної води необхідна потужність двигунів на рівні 10,0 кВт, а для перекачки технічної води – 25,0 кВт. Встановлена потужність електродвигунів на мостових електричних кранах залишається на рівні 230,0 кВт. Загальна потужність систем освітлення дорівнює 50,0 кВт, зокрема, зовнішнє – 10,0, а внутрішнє – 40,0 кВт. При цьому потужність ламп розжарювання – 50 кВт (тобто все освітлення). Детальніша інформація за попередні три роки наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 2.2.

Загальна характеристика системи електропостачання підприємства.

Найменування показників	Роки		
	2022	2023	2024
Джерело надходження електроенергії	ТП – 167, U = 10 кВ, 1 фідер		
Категорія підприємства по надійності електропостачання	III		
Споживаний максимум потужності добовий, кВт	7500	7000	7000
зимовий / літній	640 / 224	480 / 312	400 / 336
Технологічна бронь, кВА	200	200	200
Аварійна бронь, кВА	6	6	6
Загальна встановлена потужність силових трансформаторів, МВА	0,63	0,63	0,63
Загальна встановлена потужність конденсаторів, кВАр, всього	320	220	220
в тому числі з автоматичним регулюванням потужності	320	220	220
Середньозважений коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$ / $\tan \varphi$)	0,93 / 0,38	0,93 / 0,38	0,93 / 0,38
Максимальне обмеження споживання потужності згідно графіка обмежень енергопостачальника, кВт	200	200	200
Облік поставок зі сторони, %	100	100	100

Таблиця 2.3

Склад електроспоживаючого обладнання

Найменування показників	Рік		
	2022	2023	2024
Загальна встановлена потужність електроспоживаючого обладнання, кВт	1674,0	1650,0	1550,0
Електроприладів для технологічних процесів, всього	780,0	680,0	580,0
в т. ч. сушка, нагрівання, термообробка	422,0	422,0	422,0
електрозварювання	358,0	258,0	158,0
Загальна потужність електродвигунів, всього	894,0	970,0	970,0
в т. ч. обробка металів різанням	25,0	25,0	25,0
виробництво стиснутого повітря	375,0	400,0	400,0
вентиляція та кондиціонування	35,0	35,0	35,0
перекачка питної води	10,0	10,0	10,0
перекачка технічної води	25,0	25,0	25,0
мостові електричні крани	230,0	230,0	230,0
інші технічні процеси	194,0	195,0	195,0
Загальна потужність систем освітлення	50,0	50,0	50,0
в т. ч. зовнішнє	10,0	10,0	10,0
Внутрішнє	40,0	40,0	40,0
з них освітлювальних ламп	50	50	50

2.3 Електротехнологічні установки підприємства

Електротехнологічні установки поділяють на електротермічні, електрозварювальні, електролізні, електрофізичної та електрохімічної обробки, електроаерозольної технології.

На підприємстві з наведених вище установок використовуються електротермічні та електрозварювальні. Тому надалі детальніше зупинимось на цих видах електротехнічного обладнання.

Електротермічні установки на підприємстві представлені печами опору.

Для термообробки бетону на підприємстві використовують сушильні камери. У 1996 році вони були переобладнані з роботи на парі на роботу на електроенергії (електричні тени). Температура нагріву камери для обробки бетонних виробів коливається біля 70 °С. При необхідності температуру регулюють в межах 0 – 100 °С. Похибка регулювання не повинна перевищувати ± 5 °С. Площа поду для двох камер становить 180 м², а для двох інших – 172 м². коефіцієнти корисної дії становлять відповідно 91 % та 92 %. Режим роботи камер періодичний. Потужність камер становить 93, 112 (дві камери), 105 кВт. Камери живляться напругою 220 В, частотою 50 Гц. Номінальна витрата печі 82,3 кВт·год/м³ виробів. ТЕНи з'єднані трикутником. Навантаження розподілено рівномірно по фазах. Детальніша характеристика сушильних камер наведена у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Коротка характеристика сушильних камер

Марка	Рік вигот. / введення в експлуат.	Темп, °С	Площа, м ²	Режим роботи	Енерг. ККД, %	P, кВт
СК № 3	1996	70	180	Періодичний	91	112
СК № 4	1996		180			93
СК № 5	1996		172		92	105
СК № 6	1996		172			112

На підприємстві для дугової зварки каркасів застосовують зварювальні трансформатори марок ТД – 300, ТД – 500, ТД – 1000. Зварювальні пости на

підприємстві одно постові. Зварювання проводиться на трифазному змінному струмі.

Слід відзначити, що на робочих місцях є технологічні карти, що значно покращує використання технологічного обладнання та раціональне споживання електроенергії.

2.4 Характеристика використання електроенергії підприємством

Надходження на підприємство електроенергії у 2024 році становило всього 752 тис. кВт·год. При цьому підприємством було спожито усього 608 тис. кВт·год електроенергії. Відпущено на сторону 144 тис. кВт·год.

При виробництві конструкцій і деталі збірного залізобетону у розмірі 5343 м³ було спожито 534 тис. кВт·год електроенергії. Норма споживання електро-енергії на одиницю випущеної продукції по плану становить 137,8 кВт · год / м³, а по факту 100 кВт · год / м³. Тобто спостерігається зниження витрат електро-енергії.

Блоків фундаментних та стінових було вироблено у 2024 році 1232 м³. Споживання електроенергії по даному виду продукції складає 1232 тис. кВт · год. Фактичне споживання електроенергії на одиницю продукції становить 54 кВт · год / м³, а планове – 110 кВт · год / м³.

Інформація про товарний бетон, цементний розчин та деталізація за останні три роки наведена у таблиці 2.5.

Зокрема у 2023 році передбачалось зекономити 1082 млн. кВт · год, а фактично було зекономлено 1052 млн. кВт·год. У 2024 році заходи по економії електроенергії не планувалися. При цьому було зекономлено 608 млн. кВт · год електроенергії.

Недовиконання плану становить біля 2 – 3%, тобто план виконується на 97 – 98%, що є задовільним для підприємства. При цьому слід зауважити, що підприємство працює не на повну потужність, і саме тому спостерігається недовиконання плану споживання електроенергії.

Таблиця 2.5

Баланс технологічного електроспоживання

Найменування				Рік		
				2022	2023	2024
Надходження всього, тис. кВт · год				865	1203	752
Споживання всього, тис. кВт · год				708	1052	608
Відпущено на сторону ЗАТ «Електро»				157	151	144
Виробниче споживання, всього				708	1052	608
Найменування продукції						
	Показники		Одиниці вимірювання			
Конструкції і деталі збірного залізобетону	Вироблено продукції		м³	3775	7129	5343
	Спожито електроенергії		тис. кВт · год.	577	982	534
	Норма	План	кВт · год / м³	158,07	152,85	137,8
		Факт	кВт · год / м³	152,85	137,8	100
Блоки фундаментні і стінові	Вироблено продукції		м³	939	580	1232
	Спожито електроенергії		тис. кВт · год.	120	63,8	66
	Норма	План	кВт · год	132,88	127,8	110,0
		Факт	кВт · год	127,8	110,0	54,0
Товарний бетон	Вироблено продукції		м³	337	187	300
	Спожито електроенергії		тис. кВт · год.	10,0	5,4	8,0
	Норма	План	кВт · год	33,39	29,0	29,0
		Факт	кВт · год	29,0	29,0	26,7

Продовження таблиці 2.5

Цементний розчин	Вироблено продукції		м ³	25	18	
	Спожито електроенергії		тис. кВт · год.	10	0,5	
	Норма	План	кВт · год	29,0	29,0	
		Факт	кВт · год	29,0	29,0	

Таблиця 2.6

Дані про використання паливно – енергетичних ресурсів по ЗАТ «Тернопільський ЗБК»

2022			
Вироблено продукції тис. грн.	Загальне споживання енергоресурсів		Енергоемність, кг у.п. / грн.
	Всього, т у.п.	Електроенергія, тис. кВт·год.	
Збірний залізобетон (1696,2)	70,97	577,0	0,042
Бетонні блоки (109,1)	14,76	120,0	0,135
Товарний бетон (44,9)	1,35	11,0	0,03
Всього товарної продукції (1850,2)	87,08	708	0,047
2023			
Збірний залізобетон (3196,4)	120,82	982,3	0,038

Продовження таблиці 2.6

Бетонні блоки (67,4)	7,75	63,8	0,115
Товарний бетон (25,1)	0,7	5,9	0,028
Всього товарної продукції (3289,1)	129,40	1052,0	0,039
2024			
Збірний залізобетон (2373,5)	65,68	534,0	0,0208
Бетонні блоки (125,9)	8,12	66,0	0,064
Товарний бетон (52,9)	0,94	8,0	0,0185
Всього товарної продукції (2552,3)	74,78	608,0	0,029

Як бачимо з таблиці 2.6., енергоємність продукції з роками постійно зменшується. Зокрема, на збірний залізобетон енергоємність за останні три роки знизилась з 0,042 кг у.п./грн. у 2022 році до 0,0208 кг у.п. / грн. у 2024 році. Аналогічна картина спостерігається і з іншими видами продукції.

При цьому спостерігається ріст обсягів виробництва. Так, наприклад, у 2022 році було виготовлено збірного залізобетону у порівняльних цінах 2024 року на 1696,2 тис. гривень, а у 2023 та 2024 роках відповідно на 3196,4 та 2373,5 тисяч гривень. Тобто, на нашу думку, підприємством більш раціонально використовуються виробничі потужності, спостерігається більше завантаження обладнання, внаслідок чого росте коефіцієнт використання обладнання.

Про наведені вище здогадки свідчить і аналіз форми 11 – МТП за 2024 рік. Аналізуючи дану звітність, зокрема поквартально, ми можемо

спостерігати, що чим більші обсяги випуску продукції підприємством, тим фактичні витрати електроенергії на одиницю продукції кВт · год за звітний період не перевищують витрат за відповідний період минулого року. Тобто, щорічно зменшуються витрати електроенергії на одиницю продукції. Це видно з того, що при випуску 352 м³ деталей та конструкцій збірного залізобетону за перший квартал 2024 року фактичні витрати на одиницю даної продукції були більші ніж аналогічні витрати даного періоду попереднього року ($152,8 > 146,4$) з таблиці. Невтішна картина спостерігається і в другому кварталі 2024 року ($141,0 > 134,0$) при випуску 598 м³ збірного залізобетону. Лише починаючи з третього та четвертого кварталів аналізованого року при значному зростанні обсягів випуску продукції, спостерігається зниження питомих фактичних витрат електроенергії на одиницю продукції.

Очевидно, що підприємство в першому та другому кварталах 2024 року використовувало свій виробничий потенціал не на повну потужність. При цьому ми схилиємось до думки, що навіть і у четвертому кварталі 2024 року, випустивши 2500 м³ конструкцій збірного залізобетону підприємство не використовувало повністю увесь свій потенціал виробництва.

Щодо покращення роботи підприємства ми рекомендуємо оцінити свої максимальні та оптимальні виробничі потужності і працювати в режимі максимального завантаження виробничого обладнання. Даний захід дозволить зменшити вартість виготовленої продукції шляхом зниження витрат електроенергії на одиницю продукції.

Отже, чим більше виготовляється продукції за звітний період, тим менші фактичні витрати на одиницю продукції по відношенню до фактичних витрат за відповідний період минулого року. Це говорить про більше завантаження електричного обладнання: сушильні камери, мостові крани, обладнання бетонозмішувального вузла, механічні верстати для опресовки анкерних шайб та виготовлення підймальних петель та спіралей.

Таблиця 2.7

Загальні виробничі норми витрати електричної енергії за 2022 – 2024 роки.

Продукція (за формою 11- МТП)	Одиниця вимірювання	Обсяги продукції			Електроенергія, кВт·год / од. прод.		
		Роки			Роки		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
3/б стояки СВ 95 – 2	м ³	1495	3824	4000	158,1	157,05	156,0
3/б стояки СВ 105 – 3,6 – 5,0	м ³	2095	3059	3800	153,0	152,01	151,0
3/б вироби з арматурними каркасами до 50 кг.	м ³	127	188	200	146,4	145,1	144,1
– до100 кг.	м ³	94	58	100	169,4	168,1	166,8
Блоки фундаментні	м ³	939	580	600	132,9	131,58	130,28
Товарний бетон	м ³	360	205	200	33,4	32,2	31,10
Всього товарної продукції	тис. грн.	5110	7914	8900	793,2	786,04	779,28

На підприємство у 2024 році надійшло 752 тис. кВт · год. електроенергії. Зокрема на електроапарати для технологічних процесів було спожито 340 тис. кВт·год.

Як видно з таблиці 2.7 витрати електроенергії постійно знижуються, не зважаючи на те, що обсяги випуску окремих видів продукції є нестабільними, спостерігається періодичне спадання або зростання. Зокрема зростають обсяги випуску таких видів продукції як 3/б стояки СВ 95 – 2, 3/б стояки СВ 105 – 3,6 –

5,0, 3/б вироби з арматурними каркасами до 50 кг та 3/б вироби з арматурними каркасами до 100 кг, які супроводжуються неухильним зниження питомих витрат електроенергії на одиницю випущеної продукції.

Виготовлення такої продукції як фундаментні блоки та товарний бетон також супроводжується постійним зниженням питомих витрат електроенергії. При цьому обсяги випуску продукції залишаються нестабільними по роках.

На нашу думку, така тенденція обумовлена максимальним завантаженням виробничих потужностей, про що свідчить неухильний ріст вартості та обсягів випуску товарної продукції та постійне зниження питомих витрат електроенергії.

У таблиці 2.8 наведено енергоємність технологічних процесів.

Для кращого розуміння ситуації, що склалася на підприємстві доцільно проаналізувати електробалансу підприємства.

Таблиця 2.8

Енергоємність технологічних процесів.

№ з.п	Назва процесів	Електрична потужність верстата, кВт	Норма часу, год/шт	Сума енерго витрат, кВт/ шт.
1	Виготовлення анкерних шайб	15	0,00072	0,011
2	Виготовлення спіралей	4,5	0,0187	0,134
3	Виготовлення підймальних петель	5	0,00121	0,081
4	Виготовлення розпалубочних петель	5	0,00039	0,002
5	Виготовлення заземляючих випусків(бухти)	4,5	0,0134	0,060
6	Опресовка анкерних шайб	10,7	0,498	5,332

Продовження таблиці 2.8

7	Зміцнення стержневої арматури	15	0,036	2,145
8	Зварювання каркасів 102 кг.	25	4,69	117,25
9	Зварювання підв'язки і заземляючі випусків	25	0,012	0,30
10	- " – 20 кг.	25	0,123	12,3
	- " – 50 кг	25	0,263	26,25
	- " – 200 кг	25	1,446	144,58
11	Змазка форм	4	0,084	0,343
12	Армування силових форм	14	0,157	2,198
13	Приготування бетонної суміші:			
	а) заготовка піску	18	0,234	19,781
	б) заготовка щебеня	36		
	в) заготовка цементу	-		
	г) перемішування і вібрація	30		
14	Формовка форм:	1,6		
	а) розкидування бетону	4,5	0,509	3,125
	б) вібрація	22	0,05	1,10
15	Теплова обробка залізобетону	100	19	82,609
16	Обрізка напружених стержнів	30	0,210	6,3
17	Приварка заземляючих випусків	25	0,091	2,275
18	Розпалубка залізобетонних виробів	33	0,124	4,092

Продовження таблиці 2.8

19	Виводка виробів і штабелювання	15 / 44	0,123	7,25
20	Заготовка цементу в бункер БЗВ	-		4,81
21	Вивантаження металу, зважування	33	0,107	3,531
22	Вивантаження щебеня	9 / 30	0,131	5,109
23	Вивантаження цементу на сторону	-	0,115	6,535
24	Вивантаження піску	11	0,083	0,913
25	Відвантаження продукції	44	0,318	0,007
26	Пилорама	30	0,38	11,4
27	Вентиляція	2,2	2	44
28	Нагрів гарячої води в кубатурі	18	10	180
29	Обмін металу відпуск на сторону	33	0,107	3,653
30	Робота в НІКО	33	0,1296	4,277
31	Ремонтні роботи:			
	а) зварювальні трансформатори	25	4	100
	б) кранові роботи	33	1	44
32	Пилорама (крім прокладок)	30	0,38	11,4
33	Ремонт форм (кранові роботи, зварювання)	65	4	260
34	ГСМ – заправка	2,2	1,68	3,7
35	Токарний цех	7	3	21

36	Робота їдальні:			
----	-----------------	--	--	--

Продовження таблиці 2.8

	Тени на гарячу воду (8 годин)	10	15	150
	Електроплити	10	6	60
	Холодильники	6	12	72
	Витяжка	2,2	4	8,8
	Всього по їдальні			290,8

Споживання електродвигунів становило 250 тис. кВт·год. На освітлення виробничих приміщень було спожито 15 тис. кВт·год.

При цьому втрати в електричних мережах становили усього 3 тис. кВт·год. Відпуск на сторону (ЗАТ «Електро») становив у 2024 році 144 тис. кВт·год. У 2024 році на підприємстві експлуатувалось 161 електродвигун, загальною потужністю 970 кВт. Електроапарати, що експлуатуються на підприємстві в кількості 9 штук споживали потужність в розмірі 580 кВт. Детальніша інформація наведена у таблиці 2.9 та на рисунках 1.2. – 1.5.

Облік електроенергії на підприємстві ведеться за допомогою лічильників активної та реактивної енергії типів СА3У4671 та СР3У670М. Ці лічильники включені через трансформатори струму з коефіцієнтом трансформації 40 / 5 та трансформатори напруги з коефіцієнтом трансформації 10000 / 100. Загальний коефіцієнт трансформації рівний 800 (8 · 100).

Таблиця 2.9

Баланс електроенергії за 2022 – 2024 роки.

Статті електробалансу, тис. кВт · год.	Роки		
	2022	2023	2024
Надійшло електроенергії,	865,0	1203,0	752,0

Витрати:	708,0	1052,0	608,0
Електроапарати для технологічних процесів	470,0	650,0	340,0

Продовження таблиці 2.9

Електродвигуни на рушійну силу	220,0	380,0	250,0
Освітлення виробничих приміщень	15,0	17,0	15,0
Втрати в мережі	3,0	5,0	3,0
Відпуск на сторону (ЗАТ "Електро")	157,0	151,0	144,0
Електродвигуни, шт.	150	161	161
Потужність електродвигунів, кВт.	890,0	970,0	970,0
Електроапарати, шт.	11	11	9
Потужність електроапаратів, кВт.	680,0	680,0	580,0

Баланс електроенергії за 2022 - 2024 роки

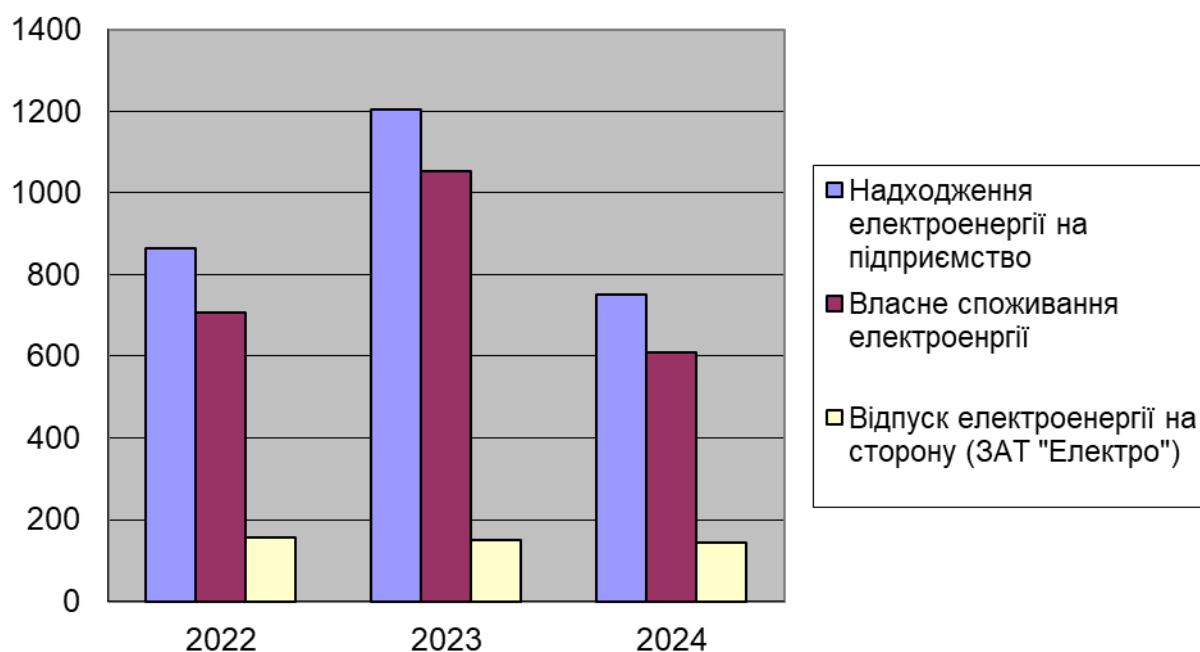


Рисунок 2.3 – Баланс електроенергії за 2022 – 2024 роки.

2.5 Висновки до розділу 2

1. В процесі вивчення енергоємності продукції виявлено зниження цього показника за останні роки. Так, енергоємність для збірного залізобетону зменшилася з 0,042 кг у.п./грн у 2022 році до 0,0208 кг у.п./грн у 2024 році. Це свідчить про ефективне використання енергоресурсів на підприємстві.

2. Проаналізовано витрати електроенергії на одиницю продукції, і встановлено, що з кожним роком спостерігається їхнє зниження, незважаючи на коливання в обсягах виробництва. Це свідчить про підвищення ефективності використання електричної енергії на підприємстві.

3. З метою покращення ефективності роботи підприємства, розраховано, що оптимальне завантаження виробничих потужностей дозволить знизити витрати електроенергії на одиницю продукції. Це є важливим кроком для подальшої економії енергоресурсів.

4. Проаналізовано динаміку обсягів виробництва, і встановлено, що у 2024 році вони зросли, що супроводжувалося зменшенням витрат електроенергії на одиницю продукції. Це свідчить про ефективне використання наявних потужностей і підвищення ефективності виробничих процесів.

5. Розглянуто баланс електроенергії підприємства за останні роки, в результаті чого встановлено, що спостерігається зниження споживання електроенергії та витрат на технологічні процеси. Це може свідчити про оптимізацію енергоспоживання та раціональне використання ресурсів підприємства.

3 РОЗРАХУНКОВО - ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технологічні втрати електроенергії на підприємстві

Технологічні втрати електроенергії на підприємстві представлені втратами у силовому трансформаторі та втратами потужності у кабельних лініях електропостачання.

Для розрахунку використовуватимемо дані розділу 1. Втрати активної електроенергії в трансформаторі визначимо для місяця лютого.

Визначення втрат активної електроенергії в трансформаторах (кВт·год) здійснюється за такою формулою:

$$\Delta W_a = \Delta P_{x.x} \cdot \tau_n + k_3^2 \cdot \Delta P_{k.3} \cdot \tau_p = 1,31 \cdot 672 + 0,4^2 \cdot 8,5 \cdot 200 = 1152,32 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{міс.} \quad (3.1)$$

де $\Delta P_{x.x}$ - активні втрати потужності в сталі трансформатора, кВт;

τ_n - час приєднання трансформатора до мережі, год;

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора; - коефіцієнт завантаження трансформатора;

$\Delta P_{k.3}$ - активні втрати потужності в міді обмотки трансформатора при номінальному навантаженні, кВт;

τ_p - час роботи під навантаженням, год.

Для розрахунку будемо використовувати наступні дані:

- Електроенергія за лічильниками: E_a , кВт·год; E_p , кВАр·год (електролічильники, встановлені з боку вищої напруги понижуючого трансформатора);

- число годин роботи трансформатора

τ_n , яке приймається в січні, березні, травні, липня, серпні, жовтні, грудні рівним 774 годинам; в квітні, червні, вересні, листопаді – 720 годинам; в лютому – 672 години (для високосного року – 696 годин);

- число годин роботи трансформатора з номінальним навантаженням

τ_p ,

яке приймається рівним для підприємств, що працюють в одну зміну – 200 годин, в дві зміни – 450 годин, в три зміни 700 годин на місяць.

Відомо, що підприємство працює в одну зміну, споживання активної енергії у лютому місяці становило 160 тис. кВт · год, а реактивної – 63236 кВАр · год. Номінальна потужність трансформатора ТМ 630 / 10 рівна $S = 630$ кВА, потужність холостого ходу – $\Delta P_{x.x} = 1,31$ кВт, потужність короткого замикання – $\Delta P_{к.з} = 8,5$ кВт, струм холостого ходу $I_{x.x} = 2\%$, напруга короткого замикання рівна $U_{к.з} = 5,5 \%$.

За цими вихідними даними визначаються:

- середньозважений коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{cp}$ за тригонометричними таблицями із співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_p}{E_A} = \frac{63236}{160000} = 0,39 \quad (3.2)$$

для даного значення $\operatorname{tg} \varphi = 0,39$ відповідає $\cos \varphi = 0,93$.

- коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_\Phi}{S_{ном}} = \frac{E_A}{S \cdot \tau_{п} \cdot \cos \varphi} = \frac{160000}{630 \cdot 672 \cdot 0,93} = 0,4 \quad (3.3)$$

Втрати реактивної електроенергії в трансформаторі, кВАр · год визначаються за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta WQ &= \Delta Q_{x.x} \cdot \tau_n + k_3^2 \cdot \Delta Q_{к.з} \cdot \tau_p = \\ &= 12,6 \cdot 672 + 0,4^2 \cdot 34,65 \cdot 200 = 9588,6 \text{ кВАр} \cdot \text{год/міс.} \end{aligned} \quad (3.4)$$

де при холостому ході:

$$\Delta Q_{x.x} = S_n \frac{I_{x.x}^2}{100} = 630 \frac{2^2}{100} = 12,6 \text{ кВАр} \quad (3.5)$$

при короткому замиканні:

$$\Delta Q_{кз} = S_n \frac{U_{кз}^2}{100} = 630 \frac{5,5^2}{100} = 34,65 \text{ кВАр} \quad (3.6)$$

Для визначення втрат у кабельних лініях слід скористатись схемою електропостачання підприємства зображеною на рисунку 2.1.

Втрати електроенергії в електричних мережах промислових підприємств (W_C) складаються з втрат електроенергії в цехових, загальнозаводських, трансформаторах встановлених як на головній, так і на цехових підстанціях промислового підприємства.

Ці втрати складають:

$$W_C = W_{Ц} + W_3 + W_T \quad (3.7)$$

Для визначення втрат у цехових і загальнозаводських мережах у кВт·год можемо застосувати наступний вираз:

$$\Delta W_c = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot R \cdot \tau_n \cdot 10^{-3} \quad (3.8)$$

де ΔW_c - втрати електроенергії ділянки мережі, кВт·год ;

$I_{\max}^2$ - максимальний струм навантаження, А;

R - активний опір проводу чи лінії або жили кабелю, Ом;

τ_n - число годин використання максимуму втрат, год.

Для визначення втрат в загальнозаводських та цехових мережах необхідно знати опір кожної з кабельних ліній. Його можна визначити за формулою:

$$R = r_0 \cdot L \quad (3.9)$$

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

L — довжина лінії, км.

Питомий опір проводу при 20 °С для міді рівний $\rho_m = 0,0188 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, а для алюмінію — $\rho_A = 0,026 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

Маючи площі поперечних перерізів кабельних ліній, їх марки, а, отже, і матеріал з якого виготовлені струмоведучі частини кабелів, ми визначимо питомий активний опір кабельної лінії.

Для прикладу, опір кабельної лінії на ділянці від ТП (РП) до розподільчого щита (РЩ – 1) рівний:

$$r_0 = \rho_A / s = 0,026 / 90 = 0,00028 \text{ Ом/м} \quad (3.10)$$

де s – площа поперечного перерізу кабельної лінії, мм^2 .

Опір на даній ділянці буде становити:

$$R = r_0 \cdot L = 0,00028 \cdot 120 = 0,035 \text{ Ом.}$$

Аналогічні розрахунки проведемо для усіх загальнозаводських кабельних ліній, представивши результати розрахунку в таблиці.

Для визначення струму, що протікає при максимальному навантаженні скористаємось формулою:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{743,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 1229,12 \text{ А} \quad (3.11)$$

де P - вся встановлена потужність у заданому цеху, кВт;

U - рівень напруги на даній лінії, В;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності (для мереж підприємства прийmemo рівним 0,8, як такий, що характерний для більшості електродвигунів).

Підставляючи значення у формулу одержимо:

$$\Delta W_c = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot R \cdot \tau_n \cdot K_{\text{нг}} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 1229,12^2 \cdot 0,035 \cdot 7 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 444,15 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 3.1.

Втрати електроенергії в електромережах підприємства

Ділянка лінії	R, Ом	I, А	P, кВт	Q, кВАр	S, кВА	ΔW , кВт·год
РЩ 11 – АП	0,0351	71,1	46,8	0	46,8	5,11
РЩ 11 – прохідна	0,0286	0,15	0,1	0	0,1	$0,018 \cdot 10^{-3}$
РЩ 11 – освітлення	0,00156	3,03	2	0	2	0,16
РЩ 11 – БФЦ №2	0,0143	74,29	48,9	0	48,9	2,27
РЩ 1 – БФЦ № 2	0,0009	698,71	424	178,08	459,87	15,6
Арм. цех – мостові крани	0,006	98,86	60	25,2	65,07	1,68
РЩ 1 – Арм. цех + мост. крани	0,018	432,12	270,7	113,69	284,41	96,79
РП – РЩ 1	0,035	1229,12	743,6	291,77	798,79	444,15

Продовження таблиці 3.1

РП – РЩ 2	0,015	16,02	10	3,36	10,54	0,11
РП – РЩ 3	0,053	45,6	28	10,92	30,05	3,17
РП – РЩ 4	0,016	1052,92	639,2	267,62	693,08	170,3
РЩ 41 – РЩ 4	0,028	919,51	558	234,36	605,2	68,18
РЩ 42 – РЩ 4	0,037	133,45	81,2	33,26	87,88	18,97
РЩ 41 – БФЦ №1	0,0026	698,71	424	178,08	459,87	36,55
РЩ 41 – БЗВ	0,0031	220,8	134	56,28	145,33	4,35
РЩ 42 – склад	0,052	74,1	45	18,9	48,8	8,22
РЩ 42 – пилорама	0,027	52,7	32	13,44	34,7	2,15
РЩ 42 – освітлення	0,003	3,03	2	0	2	0,00026
РЩ 42 – ГСМ	0,011	3,62	2,2	0,924	2,38	0,00415
РЩ 5 – РП	0,00208	659,24	400,5	166,95	433,9	26,03
Всього	0,38924					905,7

Дані таблиці 3.1. будемо використовувати в подальшому для розрахунків.

3.2 Визначення втрат електроенергії у компресорних установках

Для зручності втрати електроенергії будемо визначати на прикладі компресора 2В14 – 24/9 (у формульному варіанті), а результати усіх розрахунків зведемо у таблицю 3.2.

Витрати електроенергії однією компресорною установкою (кВт·год) визначаються як:

$$W_k = \frac{A \cdot Q_k \cdot T_k \cdot 10^{-3}}{60 \cdot \eta_k \cdot \eta_p \cdot \eta_d} = \frac{242000 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,918} = 1107,54 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (3.12)$$

де A - питома робота, необхідна для стиснення 1 м^3 повітря до заданого тиску, Дж/м^3 . (Для компресора, що стискає повітря до восьми атмосфер $A = 242022 \text{ Дж/м}^3$).

Q_k - продуктивність компресора, $\text{м}^3/\text{хвил.}$ (взято за паспортними даними);

T_k - тривалість роботи компресора за розрахунковий період, годин (визначено за даними журналу обліку роботи компресорної установки);

$\eta_k \cdot \eta_p \cdot \eta_d$ - ККД відповідно компресора, редуктора, двигуна (визначаються за паспортними даними або зі звіту наладки).

При відсутності точних даних згідно рекомендацій прийнято:

$\eta_k = 0,6 - 0,8$ - для поршневих компресорів;

$\eta_d = 0,918$ - взято з паспорта двигуна;

$\eta_p = 0,095$.

Результати розрахунку для інших компресорів наведено у таблиці.

Витрати електроенергії всіма компресорними установками визначаються за формулою:

$$W_K = \sum_{1}^n W_K = 1107,54 + 566,08 + 2 \cdot 461,47 = 2596,56 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (3.13)$$

Де n - кількість компресорних установок;

W_K - витрати електроенергії однією компресорною установкою, $\text{кВт} \cdot \text{год.}$

Кількість виробленого стиснутого повітря компресорною станцією визначимо за формулою:

$$Q_K = \sum_{1}^n Q_k \cdot T_k = (24 + 12 + 10 + 10) \cdot 8 \cdot 60 = 26,88 \text{ тис.м}^3 \quad (3.14)$$

Фактична питома витрата електроенергії на вироблення стиснутого повітря $H_{Т.К.}$ ($\text{кВт} \cdot \text{год/тис. м}^3$) компресорною станцією визначається за формулою :

$$H_{Т.К.} = \frac{W_{Т.К.}}{Q_{Т.К.}} = \frac{2596,56}{26,88} = 96,39 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^3 \quad (3.15)$$

де $W_{т.к}$ - фактична витрата електроенергії всіма компресорними установками на вироблення стиснутого повітря за розрахунковий період (у нашому випадку доба), кВт · год. Визначена розрахунково – аналітичним методом.

$Q_{т.к}$ - кількість виробленого стиснутого повітря за цей же період всіма компресорними установками, тис. м³.

Таблиця 3.2.

Витрати електроенергії компресорними установками підприємства

Марка компресора	Витрата електроенергії однією компресорною установкою, кВт · год	Кількість виробленого стиснутого повітря компресорною станцією, тис. м ³	Питома витрата електроенергії на вироблення стиснутого повітря, кВт·год/тис. м ³
2В14 – 24/9	1107,54		
2В12,5 – 12/9	566,08		
Десяти кубові компресори.	922,94		
Всього	2596,56	26,88	96,39

3.3 Втрати електроенергії в електрозварювальних апаратах та електродвигунах

Втрати електроенергії з-за відсутності пристроїв обмеження струму холостого ходу зварювальних апаратів складають 15 – 20 % і більше, в залежності від споживання потужності і режиму роботи зварювальних агрегатів. При зварюванні каркасів вагою 102 кг втрати електроенергії становитимуть:

$$E = \frac{P \cdot K \cdot t \cdot n \cdot (15 \dots 20)}{100} = \frac{25 \cdot 0,45 \cdot 4,69 \cdot 1 \cdot 15}{100} = 7,91 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.16)$$

де P - середня потужність зварювальної машини, кВт;

$K = 0,45$ - коефіцієнт використання;

t - час використання за розрахунковий період, год;

n - кількість зварювальних машин.

Для каркасів вагою 20, 50 та 200 кг втрати становитимуть відповідно 0,84; 1,77; 9,75 кВт · год.

Незадовільний стан електрозварювальних апаратів із-за з'єднання проводів шляхом кручення, пошкодження ізоляції, збільшення довжини зварювальних дротів, поганих контактів і таке інше, дає втрати електроенергії до 30 %:

$$E = 0,3 \cdot P \cdot t = 0,3 \cdot 158 \cdot 9,6 = 455,04 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \quad (3.17)$$

На підприємстві встановлено мостовий кран з потужністю двигуна 60 кВт. При цьому на кранах, що виконують аналогічну роботу встановлено електродвигуни потужністю 33 кВт. Необхідно замінити даний електродвигун та систему механічного приводу (редуктор). Тоді витрати електроенергії за рахунок неза-вантаження асинхронного електродвигуна, який потребує заміни на електро-двигун меншої потужності скоротяться на величину:

$$E = 0,1 \cdot \Delta P \cdot t = 0,1 \cdot 27 \cdot 40 = 108 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{міс} \quad (3.18)$$

де $\Delta P = P_1 - P_2 = 60 - 33 = 27$ - вилучена потужність, кВт;

t - час, год.

3.4 Складання технологічного балансу підприємства та балансу підприємства по підрозділах

З метою покращення пошуку “вузьких місць” на підприємстві при аналізі його роботи доцільно складати баланс підприємства по підрозділах та технологічний баланс. При цьому слід звертати увагу на найбільш енергоємні підрозділи підприємства та найбільш енергоємні види продукції. Саме у цих

«вузьких місцях» криється нерозкритий потенціал енергозбереження а, отже, джерело прибутків. Технологам та енергетикам слід звертати увагу на ці елементи балансів.

Множенням стовпців визначаєм обсяг електроенергії, яка була спожита по окремих видах продукції у 2023 році. Наприклад у 2023 році було виготовлено 3824 м³ опор типу СВ 95 – 2. Питома фактична норма становить 137,8 кВт · год / м³.

Споживання електроенергії становить (обсяг електроенергії ОЕ):

$$ОЕ = ОВ \cdot ПН = 3824 \cdot 137,8 = 526947,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (3.19)$$

де ОВ – обсяг випуску продукції, м³;

ПН – питома норма, кВт · год / м³.

Очевидно, що технологам та енергетикам слід звернути увагу на залізо-бетонні вироби з арматурними каркасами вагою до 50, оскільки питома норма у них така ж, що і в виробів з каркасами вагою 100 кілограм.

Таблиця 3.3.

Баланс технологічного електроспоживання за 2023 рік.

Назва продукції	Об'єм випуску, м ³	Фактична норма, кВт·год/м ³	Обсяг споживання електроенергії, тис. кВт·год	% від загального споживання
СВ 95 – 2	3824	137,8	526,94	50,08
СВ 105 – 3,6 – 5,0	3059	137,8	421,53	40,0
З/б вироби з арматурними каркасами до 50 кг	188	137,8	25,90	2,46
-II- до 100 кг	58	137,8	7,99	0,76

Блоки фундаментні	580	110	63,8	6,06
Товарний бетон	187	29	5,4	0,591
Цементний розчин	18	29	0,52	0,049

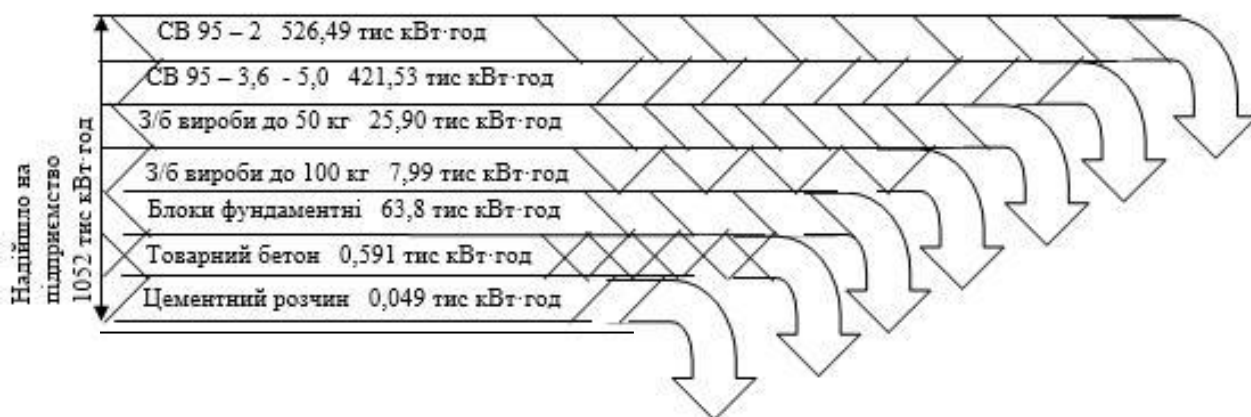


Рисунок 3.2 – Технологічний баланс електроспоживання підприємства

Баланс споживання електроенергії по підрозділах розрахуємо наступним чином. Вважатимемо, що підрозділи підприємства споживають електроенергію пропорційно до їх діючих потужностей. Приймавши усю потужність, що використовується підприємством за 100%, знайдемо складові цієї потужності, що знаходяться у окремих цехах. Наприклад, для адміністративного приміщення матимемо:

$$P_{\%} = P_{\text{під}} \cdot 100 \% / P_{\Sigma} = 46,9 \cdot 100 \% / 1821,2 = 2,56 \% \quad (3.20)$$

де $P_{\text{під}}$ – потужність, що встановлена у цеху, кВт;

P_{Σ} – сумарна потужність усього підприємства, кВт.

Усього спожито підприємством 1052 тис кВт · год електроенергії. При цьому втрати у мережах підприємства становили 5,0 тис кВт · год. Отже, корисне споживання електроенергії підприємством становило:

$$W_k = W_c - W_b = 1052 - 5 = 1047 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.21)$$

де W_k – корисно спожита енергія підприємством, тис. кВт · год;

W_c – уся спожита електроенергія підприємством, тис.кВт · год;

$W_{\text{в}}$ – втрати електроенергії у мережах підприємства, тис. кВт · год.

Тепер за 100 % потужності приймемо корисно спожиту енергію підприємством (1048 тис. кВт · год). За наступною формулою знайдемо енергію, що спожита адміністративним приміщенням:

$$W_{\text{ад}} = P_{\%} \cdot W_{\text{к}} / 100 \% = 2,56 \cdot 1048 / 100 \% = 26,93 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год} \quad (3.22)$$

Детальніший розрахунок по підрозділах підприємства наведено у таблиці 3.4 та на рисунку 3.2.

Таблиця 3.4

Баланс споживання електроенергії по підрозділах підприємства

Підрозділи підприємства	Використовувана потужність, кВт	% від загальної потужності, %	Облік споживання електроенергії, тис. кВт · год
Адміністративне приміщення	46,8	2,56	26,93
Насосна підстанція	22,5	1,23	12,93
Компресорна	376	20,64	217,13
Електроцех	8	0,43	4,52
БФЦ № 1	424	23,28	244,9
БФЦ № 2	424	23,28	244,9
Арматурний цех	210,7	11,56	121,61
БЗВ	134	7,35	77,32
Мостові крани	60	3,29	34,61
Зварювальний цех	26	1,42	14,93
Пилорама	32	1,75	18,41
Склад	45	2,47	25,98
ГСМ заправка	2,2	0,12	1,262
Освітлення території	10	0,62	1,568
Надходження на підприємство енергії	1203		

Відпуск на сторону ЗАТ “Електро”	151		
Спожито підприємством	1052		
Корисно спожита енергія	1047		100
Втрати в мережі підприємства.	5,0		

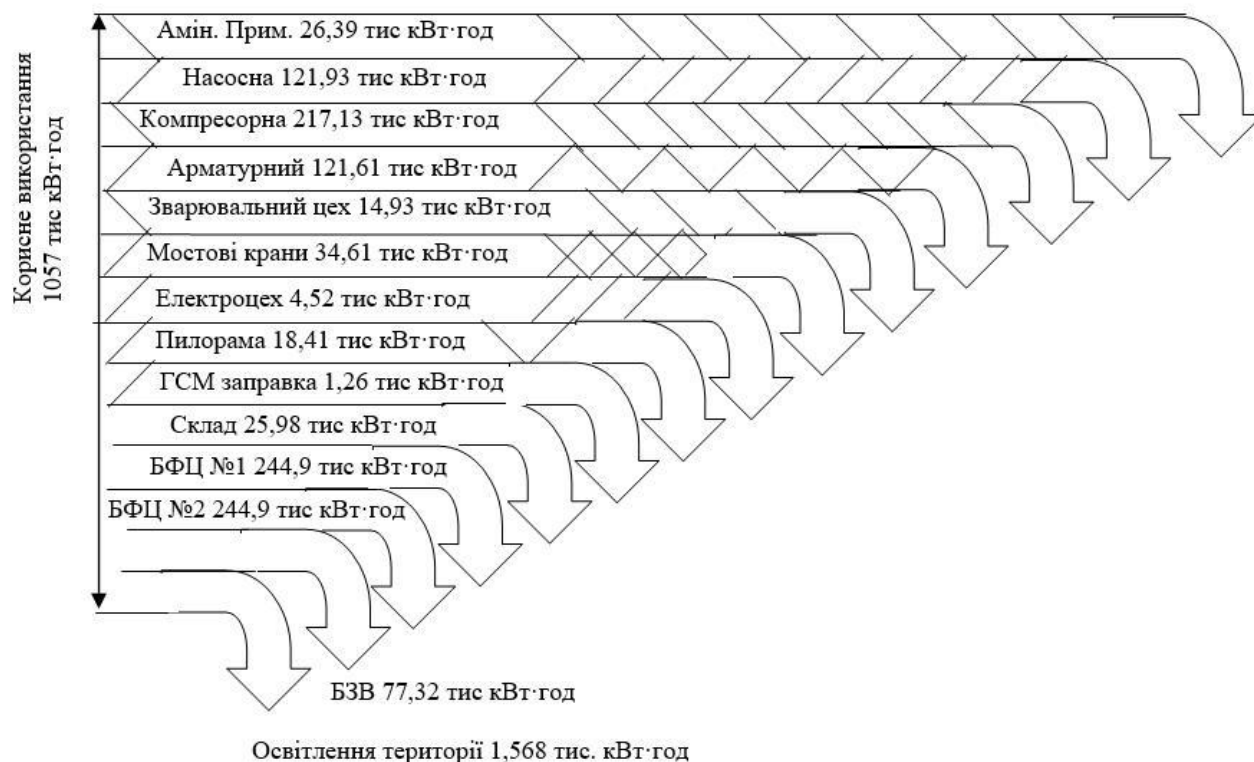


Рисунок 3.2 - Баланс споживання електроенергії по підрозділах підприємства.

3.5 Розробка заходів щодо зменшення витрат електричної енергії на підприємстві

3.5.1 Заміна робочого трансформатора на менш потужний

З метою зниження втрат у трансформаторі та відповідно підняття коефіцієнта завантаження доцільно замінити трансформатор на менш

потужний, наприклад з потужністю $S_{ном} = 400$ кВА, про що свідчить наступна задача. Умова її наступна.

Визначити номінальну потужність трансформатора, що живить підприємство, робота якого характеризується різкозмінним графіком навантаження (струму), зображеному на рисунку 3.3. Числові характеристики графіка навантаження приведені у таблиці 3.5. Число інтервалів розбиття графіка $n = T/\Delta t = 24/1 = 24$.

Добовий гарфік навантаження

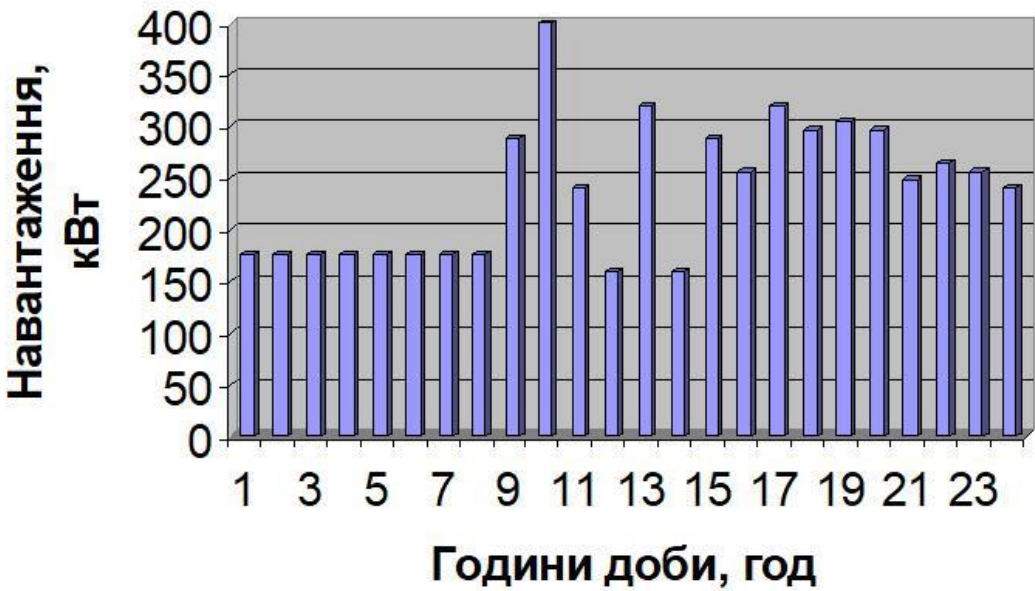


Рисунок 3.3 - Добовий графік навантаження підприємства (22 грудня 2024).

Таблиця 3.5

Добовий графік навантаження підприємства

t, год.	Навантаження, кВт	tg φ	Напруга, кВ	I (iΔt)	I² (iΔt)
1	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
2	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
3	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
4	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
5	176	0,142	0,4	256,6	65843,6

6	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
7	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
8	176	0,142	0,4	256,6	65843,6
9	288	0,354	0,4	440,9	194454,64
10	400	0,56	0,4	661,71	437866,66
11	240	0,67	0,4	416,97	173868
12	160	0,55	0,4	263,56	69466,66

Продовження таблиці 3.5

13	320	0,5	0,4	516,39	266666,66
14	160	0,5	0,4	258,19	66666,66
15	288	0,37	0,4	443,23	196456,32
16	256	0,35	0,4	391,48	153258,66
17	320	0,05	0,4	462,45	213866,66
18	296	0,05	0,4	428,09	183265,6
19	304	0,08	0,4	440,18	193765,54
20	296	0,08	0,4	428,95	184002,40
21	248	0,06	0,4	358,6	128594,61
22	264	0,075	0,4	382,19	146075,13
23	256	0,08	0,4	370,68	137407,14
24	240	0,08	0,4	347,80	120965

Математичне очікування струму (середнє навантаження) обчислимо за формулою:

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(i \Delta t) \quad (3.22)$$

де $I(i \Delta t)$ – струм навантаження в даному часовому інтервалі, А ;

T – час циклу навантаження, год;

Δt – інтервал часу на протязі якого струм навантаження залишається незмінним, год.

Підставляючи значення отримаємо:

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(i \Delta t) = \frac{1}{24} 8664,17 = 361,00 \text{ А.}$$

Дисперсія струму визначається за формулою:

$$D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I^2(i \Delta t) - m_i^2 = \frac{1}{24} 3393395 - (361,00)^2 = 11070,46 \text{ A.}$$

Еквівалентний струм дорівнює:

$$I_E = \sqrt{m_i^2 + D_i} = \sqrt{361^2 + 11070,46} = 376,02 \text{ A.}$$

Розрахункова потужність трансформатора становить:

$$S_{\text{роз}} = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_E = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 376,02 = 260,5 \text{ кВА.}$$

Враховуючи перспективу розширення виробництва підприємства та незавантаженість підприємства на повну потужність приймемо трансформатор ТМ 400/10, рис.3.4.



Рисунок 3.4 - Силовий трансформатор ТМ - 400/10.

Втрати активної електроенергії в трансформаторі ТМ 400 / 10 визначимо для місяця лютого.

Втрати активної електроенергії в трансформаторі ΔW_a , (кВт·год), визначаються за формулою (3.1):

$$\Delta W_a = \Delta P_{x.x} \cdot \tau_n + k_3^2 \cdot \Delta P_{к.з} \cdot \tau_p =$$

$$= 0,95 \cdot 672 + 0,64^2 \cdot 5,9 \cdot 200 = 1121,72 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{міс.}$$

Відомо, що підприємство працює в одну зміну, споживання активної енергії у лютому місяці становило 160 тис. кВт · год, а реактивної – 63 236 кВАр · год. Номінальна потужність трансформатора ТМ 400 / 10 рівна $S = 400$ кВА,

потужність холостого ходу $-\Delta P_{x..x} = 0,95$ кВт, потужність короткого замикання $-\Delta P_{кз} = 5,9$ кВт, струм холостого ходу $I_{x.x} = 2,1$ %, напруга короткого замикання рівна $U_{кз} = 4,5$ %.

За цими вихідними даними визначаються:

- середньозважений коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{cp}$ за тригонометричними таблицями із співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_p}{E_A} = \frac{63326}{160000} = 0,39$$

для даного значення $\operatorname{tg} \varphi = 0,39$ відповідає $\cos \varphi = 0,93$.

- коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_\Phi}{S_{ном}} = \frac{E_A}{S \cdot \tau_{II} \cdot \cos \varphi} = \frac{160000}{400 \cdot 672 \cdot 0,93} = 0,64$$

Втрати реактивної електроенергії в трансформаторі, кВАр · год визначаються за формулою:

$$\Delta WQ = \Delta Q_{x.x} \cdot \tau_n + k_3^2 \cdot \Delta Q_{к.з} \cdot \tau_p =$$

$$= 8,4 \cdot 672 + 0,64^2 \cdot 18 \cdot 200 = 7119,36 \text{ кВАр} \cdot \text{год} / \text{міс.}$$

де при холостому ході:

$$\Delta Q_{x.x} = S_n \frac{I_{x.x}}{100} = 400 \frac{2,1}{100} = 8,4 \text{ кВАр}$$

при короткому замиканні:

$$\Delta Q_{кз} = S_n \frac{U_{кз}}{100} = 400 \frac{4,5}{100} = 18 \text{ кВАр}$$

Економія електроенергії при заміні трансформаторів становитиме:

активної

$$\Delta W_{a \text{ ЕКОН}} = \Delta W_{a 630} - \Delta W_{a 400} = 1152,32 - 1121,72 = 30,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

реактивної

$$\Delta W_{Q \text{ ЕКОН}} = \Delta W_{Q 630} - \Delta W_{Q 400} = 9588,6 - 7119,36 = 2964,24 \text{ кВАр} \cdot \text{год.}$$

3.5.2 Компенсація реактивних навантажень споживачів

Компенсація реактивних навантажень в електроприладах споживачів забезпечує зниження встановленої потужності електростанцій та втрат електроенергії в мережах, сприяє покращенню регулювання режиму напруги, дозволяє більш економічно завантажити трансформатори, кабельні та повітряні лінії та інші елементи мережі.

Зменшення споживання реактивної потужності в електроприладах споживачів досягається перш за все за рахунок покращення використання електроприймачів (так званим природнім шляхом), а також шляхом застосування компенсуючи пристроїв (КП).

З метою зменшення втрат у електромережах підприємства ми пропонуємо встановити засоби компенсації реактивної потужності всередині підприємства. Цей захід дозволить зменшити струми, що протікають по електропроводах заводу, зменшуючи цим самим технологічні втрати енергії.

При цьому намагатимемось підняти коефіцієнт потужності до $\cos \varphi = 1$. Наприклад, встановлення батарей конденсаторів на ділянці електромережі підприємства РП – РЩ 1 $Q_k = 291,7 \text{ кВАр}$ (таблиця 3.6) дасть можливість зменшити технологічні втрати електроенергії на $203,31 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, що підтверджують наступні розрахунки:

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{798,79}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1229,28 \text{ А};$$

де I_1 – струм до компенсації реактивної потужності, А;

S_1 – повна потужність на даній лінії до компенсації, кВАр;

U – рівень напруги на даній лінії, В;

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{743,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1144,35 \text{ А};$$

де I_2 – струм у лінії після компенсації реактивної потужності, А;

S_2 – повна потужність на даній лінії після компенсації, кВАр.

Економія електроенергії становитиме:

$$\Delta W_K = 3 \cdot (I_1^2 - I_2^2) \cdot R \cdot t \cdot K_p \cdot 10^{-3} =$$

$$= 3 \cdot (1229,28^2 - 1144,35^2) \cdot 0,035 \cdot 24 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 203,31 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}.$$

За місяць, при 21 робочому дню, економія становитиме 4269,69 кВт·год.

У таблиці 3.6 наведено інші лінії, де рекомендується встановити пристрої компенсації реактивної потужності, та очікувана економія електроенергії.

Таблиця 3.6

Компенсація реактивної потужності

Ділянка електромережі	Споживана потужність, кВАр · год	Об'єм компенсації електренигії, кВАр · год	Об'єм економії електроренергії, кВт · год
Арматурний цех + мостові крани	113,69	Повна компенсація	9,17
РП – РЩ 1	291,77		203,31
РП – РЩ 4	267,6		78,3
РП – РЩ 5 (компресорна + насосна)	166,95		3,95
Пилорама	13,4		0,54

На нашу думку, на окремому обладнанні або на інших ділянках електромережі підприємства встановлення компенсуючого обладнання повинно проводитись після проведення ретельних техніко – економічних розрахунків.

При цьому значну економію одержить електромережа та інше обладнання підприємства за рахунок покращення якості електроенергії, яка погіршується за рахунок важких пусків електродвигунів пилорами, компресорів та насосів.

Тому доцільно встановлювати компенсуюче обладнання безпосередньо біля потужних та енергоємних споживачів реактивної енергії.

3.5.3 Регулювання добових графіків навантаження

Скорочення піків навантаження є одним з елементів вирівнювання графіків навантаження. Це захід дає можливість підприємству за рахунок більш рівномірного споживання енергії уникнути втрат енергії з – за недовантаження або перевантаження ліній та обладнання.

Виходом з даної ситуації є використання зонального (багатотарифного) обліку електроенергії.

Для покращення використання електроенергії на підприємстві, рекомендується перевести для роботи у третю зміну зварювальників. Також доцільно проводити сушіння бетону вночі. При цьому необхідно повністю відключати сушильні камери на час годин максимуму, передбачених правилами зонального обліку електроенергії. Роботу підприємства у години максимуму пропонується призупиняти, або зводити використання електроенергії до мінімуму.

Економія коштів при впровадженні цих заходів становитиме:

$$\begin{aligned}\Delta C_{\pi} &= (t_{\Pi} - t_{\text{Н}}) \cdot \Delta E_1 + (t_{\text{НП}} - t_{\text{Н}}) \cdot \Delta E_1 = \\ &= (0,4717 - 0,053) \cdot 2310 + (0,1537 - 0,053) \cdot 6708 = 1613,94 \text{ грн./добу.}\end{aligned}$$

де t_{Π} , $t_{\text{НП}}$, $t_{\text{Н}}$ – ставки тарифів за 1 кВт · год відповідно для пікової, напівпікової та нічної часових зон добового графіка навантаження, грн / кВт · год;

ΔE_1 , ΔE_2 – величини електроенергії, яка переноситься з пікової та напівпікової зони у нічну, кВт · год.

$$\Delta E_1 = P_{\text{T}} \cdot t_{\text{T}} + P_{\text{C}} \cdot t_{\text{C}} = 100 \cdot 2 + 422 \cdot 5 = 2310 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де P_{T} – потужність зварювальних трансформаторів, що працюватимуть у нічну зміну, кВт;

t_{T} – час роботи трансформаторів у години максимуму, год;

P_C – потужність сушильних камер, кВт;

t_C - час роботи сушильних камер у години максимуму, год.

$$\Delta E_2 = P_T \cdot t_T + P_C \cdot t_C = 100 \cdot 8 + 422 \cdot 14 = 6708 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

3.5.4 Вдосконалення освітлювальної системи підприємства

З метою підвищення енергоефективності пропонується замінити старі світильники з ртутними дуговими лампами високого тиску на нові світлодіодні світильники.

Арматурний цех на підприємстві обладнано 40 світильниками з дуговими

ртутними лампами високого тиску (ДРЛ), потужність кожної з яких складає 700 Вт. При світловіддачі 40 лм/Вт сумарний світловий потік досягає 1 112 000 лм, що забезпечує рівномірне освітлення цеху, рис. 3.5 і 3.6

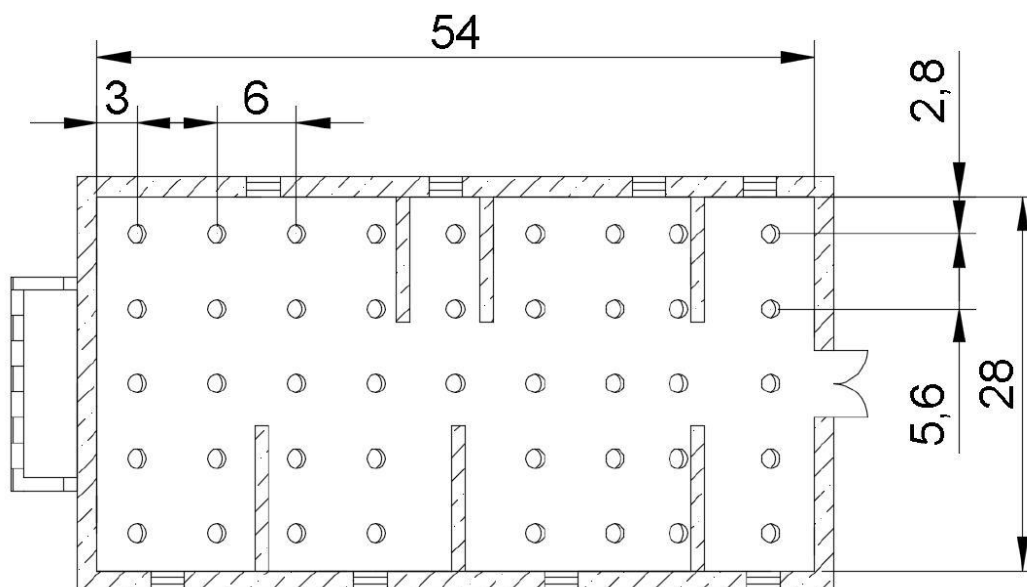


Рисунок 3.5 - Схема розташування світильників.

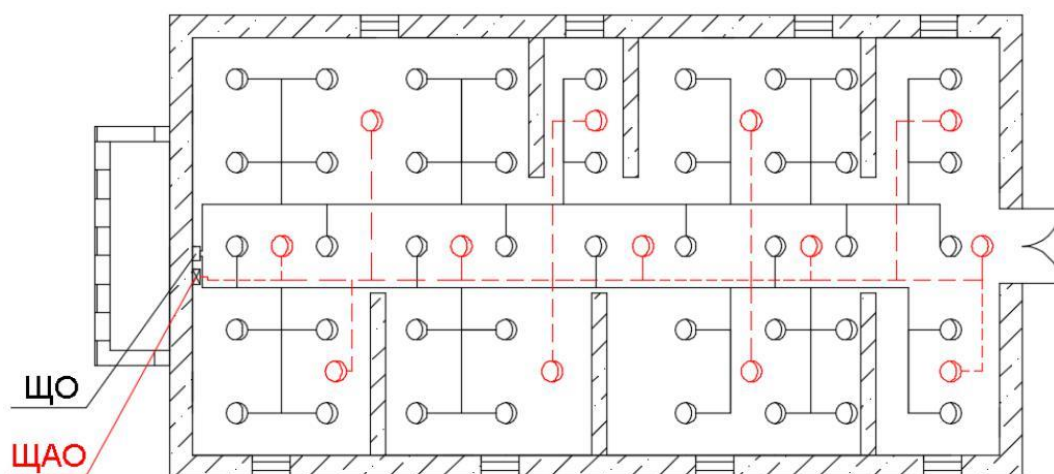


Рисунок 3.6 - Схема прокладання трас та підключення ламп.

Згідно з проведеними дослідженнями, 20 світлодіодних світильників з потужністю 185 Вт можуть забезпечити в цеху такий самий рівень освітленості. Світловіддача цих ламп становить 150 лм/Вт, що дає загальний світловий потік 1 237 840 лм., рис.3.7.





Рисунок 3.7 - Промисловий світлодіодний світильник Philips.

40 світильників ДРЛ, що споживають по 700 Вт і працюють по 3000 годин на рік, використовують 84 000 кВт·год. Це призводить до витрат на електро-енергію у розмірі 363 000 гривень при тарифі 4,32 коп/кВт·год.

Розрахунки для варіанту з світлодіодними світильниками лампами дають значення спожитої енергії 11 000 кВт·год вартістю 47,520 грн., що у сім разів економніше ніж при освітленні лампами денного світла.

Дані порівняння варіантів за цим показником зведемо в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Споживання енергії за порівнюваними варіантами

Показники варіантів	Тип і потужність ламп	
	ДРЛ, 700Вт	світлодіодний, 185 Вт
Кількість світильників	40	20
Споживана потужність, Вт	700	185
Коефіцієнт потужності	1,0	0,95
Тариф на ел. енергію, грн/ кВт·год	4,32	0,23
Тривалість роботи протягом року, год	3000*	3000
Загальні витрати на електроенергію, грн.	363 000	47,520

Примітки:

1. * передбачається ручне керування освітленням;

2. **передбачається керування освітленням за допомогою вимикача з годинниковим механізмом, щоб час роботи освітлення збігався з робочим часом об'єкту.

Наступним етапом є обчислення витрат на обслуговування освітлювальних систем, див. табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Витрати на обслуговування

Показники варіантів	Тип і потужність ламп (світильників)	
	ДРЛ, 700 Вт	світлодіодний, 185 Вт
Кількість світильників	40	20
Вартість одного світильника, грн.		175 000
Вартість заміни однієї лампи, грн.	250	-
Вартість встановлення одного світильника	-	1000
Сумарні капітальні вкладення, грн	-	176 000

Чиста зведена вартість враховує вигоду від проекту протягом всього періоду його життя, табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Порівняння річних експлуатаційних витрат систем освітлення

Показники варіантів	Тип і потужність ламп	
	розжарення, 700 Вт	світлодіодний, 185 Вт

Кількість світильників	40	20
Вартість очищення одного світильника, грн	250	1000
Інтервал між очищеннями (роки)	0,33	5
Загальні річні витрати на очищення, грн	600	0
Вартість ламп для заміни протягом року, грн	1692	0
Річні витрати на обслуговування, грн	2292	0
Загальні річні експлуатаційні витрати (витрати на електроенергію і на обслуговування), грн	365 292	223 520

Отже, чистий дохід від реалізації проекту становитиме 141 772 грн.

3.6 Висновки до розділу 3

У цьому розділі були детально проаналізовані технологічні втрати електричної енергії на підприємстві зокрема втрати у силовому трансформаторі та в кабельних лініях електропостачання.

Було проведено детальний розрахунок втрат електроенергії в різних елементах електромережі, зокрема в трансформаторах, компресорних установках, зварювальних апаратах та електродвигунах. Також здійснено складання технологічного балансу електроспоживання підприємства, що дозволило оцінити енергоємність різних підрозділів та видів продукції.

В результаті аналізу розроблено заходи щодо зменшення втрат електроенергії, серед яких заміна робочих трансформаторів на менш потужні, компенсація реактивних навантажень споживачів, регулювання добових графіків навантаження та вдосконалення освітлювальної системи підприємства. Виявлено, що заміна старих освітлювальних систем на світлодіодні світильники дозволяє знизити витрати електроенергії до 7 разів, що приносить значну економію.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації електрообладнання на промисловому підприємстві

На кожному промисловому підприємстві при експлуатації електрообладнання користуються нормативно-технічною документацією з безпечної експлуатації електроспоживачів: «Закон України про Охорону праці», ПУЕ, ПТЕ і ПТБ у відповідності до якої електроустановки допущені до експлуатації.

До нормативно-технічної документації входять:

- акти прийому робіт;
- генеральний план ділянки на якому нанесені споруди і підземні електро-технічні комутації;
- акти випробувань і наладки електрообладнання;
- акти прийому електроустановок в експлуатацію;
- виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електрообладнання;
- інструкції по обслуговуванню електроустановок, а також посадові інструкції по кожному робочому місцю.

Крім того, в кожному цеху необхідно мати:

- паспортні карти або журнал з описанням електрообладнання і засобів захисту із вказанням технічних даних, а також присвоєння інвентарних номерів;
- креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас;
- креслення підземних кабельних трас і заземлюючі пристрої з прив'язками до будівельних споруд, а також з вказанням місць установки з'єднувальних муфт і перемикань з іншими комунікаціями;
- загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремим цехам та ділянкам;
- комплект експлуатаційних інструкцій по обслуговуванню електроустановок цеха, ділянки і комплект посадових інструкцій по кожному робочому

місцю і інструкцій по охороні праці.

Всі зміни в електроустановках, які вносяться в процесі експлуатації, повинні відображатися в схемах і кресленнях відразу за підписом особи, яка відповідає за електрогосподарство, з вказанням його посади і дати внесення змін.

Заходи з електробезпеки поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів, що забезпечують безпеку виконання робіт в електроустановках відносяться:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують в порядку технічної експлуатації;
- допуск до роботи;
- наряд під час виконання робіт;
- оформлення перерв в роботі, переводу бригади на інше робоче місце, закінчення роботи

В процесі роботи заводу персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. На робочих місцях повинні бути інструкції по обслуговуванню обладнання, правила техніки безпеки, плакати та попереджувальні написи.

Особи, що обслуговують електроустановки, проходять медогляд, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань кваліфікаційної групи по ТБ.

Для захисту людей в умовах виробничого процесу застосовуються:

- безпечні струми;
- ізоляція проводів;
- механічні огороження;
- захисні заземлення;
- занулення;
- блокування пристроїв;
- захисні засоби.

Захисне заземлення - це заземлення, виконане з метою захисту людей від замикань на землю, або корпус.

Захисне відключення - система захисту, що забезпечує автоматичне

відключення електроустановки.

На підприємстві повинні проводитись протипожежні інструктажі.

Всі працівники підприємства зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки. Для цього з робітниками проводиться пожежно-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і засобів, що використовуються для цього.

Головним завданням пожежної безпеки є забезпечення працюючих комфортними умовами праці, зберігання матеріальних цінностей, а також забезпечення неперервного виробничого процесу.

Основними причинами пожеж на підприємствах харчової промисловості є необережна робота з відкритим вогнем, застосування пошкоджених, вогнегасників які не відповідають класу вибухонебезпечності.

Пожежна безпека заводу забезпечується системою запобігання пожеж і пожежного захисту. Пофарбування зовнішньої поверхні обладнання, яка нагрівається, повинне проводитись жаростійкою фарбою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити організаційні заходи. До них відносяться:

- організація пожежної охорони;
- навчання працюючих;
- розробка і застосування норм та правил.

Пожежна профілактика - це найбільш важлива частина протипожежних заходів і уявляє собою єдиний комплекс організаційних та технічних заходів по попередженню та локалізації пожеж та вибухів.

Головними та найбільш частими причинами горіння, пожеж, вибухів є:

1. порушення правил пожежної безпеки;
2. порушення режиму технологічного процесу;
3. несправність обладнання;
4. самозапалювання, грозові розряди.

Причинами пожеж являються також короткі замикання та струмові навантаження провідників. Електрична дуга може визвати запалення розташованих поблизу горючих матеріалів і маслонаповнених апаратів.

В приміщеннях підприємства передбачені засоби для гасіння пожежі. В електричних установках гасіння пожежі відбувається за допомогою повітряно-механічної піни піноутворювачем (ПО-1 та ПО-6).

Ручні вогнегасники типів ОУ-5 та ОУ-8 передбачені для гасіння невеликих джерел вогню всіх видів.

При виникненні пожеж, якщо електрична установка не відключена та знаходиться під напругою, виникає небезпека враження електричним струмом. Необхідно зняти напругу, а потім гасити її. Якщо напругу зняти не можна, то припускається гасіння установки при дотриманні особистих засобів електробезпеки. На заводі плануються такі протипожежні заходи:

1. На основі даних по вибухо- та пожежонебезпеці технологічних процесів визначені класи вибухо-пожежонебезпеки згідно ПУЕ та здійснено вибір електричного обладнання, електричного освітлення та електричної апаратури.

2. Пускова та розподільча апаратура винесена з вибухонебезпечних приміщень у електрощитові. Світильники вибрані відповідно класу та групі вибухонебезпечної суміші.

3. Розподільчі шафи, пускова апаратура у цехах розташовані у місцях доступних для обслуговування з проходами не менше за 0,8 м від технологічного обладнання.

4.2 Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту

Важливим питанням забезпечення стійкості роботи під час надзвичайних ситуацій є стійкість до світлового випромінювання. Внаслідок дії енергії світлового імпульсу на підприємстві може виникнути складна пожежна обстановка, оскільки на зберіганні знаходиться значна кількість горючих речовин і обладнання.

Світлове випромінювання ядерного вибуху є електромагнітним випромінюванням в ультрафіолетовій, видимій і інфрачервоній областях спектру.

Джерелом світлового випромінювання є область що світиться (вогняна куля), що складається з розжарених продуктів вибуху і повітря. З цієї області випромінюється величезна кількість променистої енергії в надзвичайно короткий проміжок часу, унаслідок чого відбувається швидкий нагрів опромінюваних предметів, обвуглювання або запалювання горючих матеріалів і опік живих тканин.

На частку світлового випромінювання припадає 30...40 % всієї енергії атомного або термоядерного вибуху. На відкритій місцевості світлове випромінювання має великий радіус дії в порівнянні з ударною хвилею.

Основним параметром, що характеризує вражаючу дію світлового випромінювання, є світловий імпульс $I_{\text{св}}$. Світловий імпульс – це кількість світлової енергії, випадаючої на 1 м^2 освітлюваної поверхні, що перпендикулярна до напрямку розповсюдження випромінювання, за весь час дії вибуху (вогняної кулі).

Світловий імпульс в даній точці пропорційний потужності ядерного вибуху і обернено пропорційний квадрату відстані до центру вибуху. На світловий імпульс також впливають вид ядерного вибуху, стан (прозорість) атмосфери і інші чинники.

При наземних вибухах світловий імпульс на поверхні землі при тих же відстанях буде приблизно на 40 % меншим ніж при повітряних вибухах такої ж потужності. Пояснюється це тим, що в горизонтальному напрямі випромінюється не вся поверхня сфери вогняної кулі, а лише половина сфери, хоча і більшого радіусу.

Якщо земна поверхня добре відбиває світло (сніговий покрив, асфальт, бетон і ін.), то сумарний світловий імпульс (прямий і відбитий) при повітряному вибуху може бути більше прямого в 1,6...2 рази.

В атмосфері завжди відбувається ослаблення променистої енергії через розсіювання і поглинання світла частинками пилу, диму, краплями вологи (туман, дощ, сніг). Ступінь прозорості атмосфери прийнято оцінювати коефіцієнтом K , що характеризує ступінь ослаблення світлового потоку.

Вважається, що в великих промислових містах ступінь прозорості атмосфери можна характеризувати видимістю в 10...20 км; в приміських районах - 30...40 км, а в районах сільської місцевості, де ступінь забруднення повітря найменший, видимість досягає 60...80 км.

Світлове випромінювання, падаючи на об'єкт, частково поглинається, частково відбивається, а якщо об'єкт пропускає випромінювання, то частково проходить крізь нього. Скло, наприклад, пропускає більше 90 % енергії світлового випромінювання.

Ступінь ураження будь-якого матеріалу під дією світлового випромінювання при одному і тому ж світловому імпульсі залежить від коефіцієнта поглинання, фізичних властивостей (густини, теплоємності, теплопровідності), товщини матеріалу і інших чинників. Матеріали темного кольору більше поглинають світлове випромінювання, ніж світлі, а тому ушкоджуються швидше. Предмети, забарвлені чорною фарбою, поглинають близько 96 % світлового випромінювання, а білою -18 %.

Чим більша потужність ядерного вибуху, тим більший світловий імпульс потрібен для запалювання одного і того ж матеріалу. Це пояснюється тим, що при великій потужності вибуху опромінювання світлом матеріалу триває довше. За цей час частина тепла втрачається за рахунок проникнення з поверхні в глибину матеріалу в результаті його теплопровідності.

Дія світлового випромінювання ядерного вибуху на будівлі і споруди об'єктів народного господарства виявляється у виникненні загорянь і пожеж, що викликають руйнування і знищення матеріальних цінностей, у ряді випадків перевершуючі по масштабах руйнування від ударної хвилі.

За оцінкою фахівців пожежної служби мінімальним розрахунковим світловим імпульсом, що викликає загоряння і пожежі, може бути імпульс в 100... 150 кДж/м², при якому відбувається запалювання горючих матеріалів (сіна, соломи, стружки, обривків газетного паперу, сухого сміття і інших легкозаймистих речовин). Тому скупчення займистого сміття поблизу будівель – реальна загроза виникнення пожежі.

На промислових підприємствах можуть утворюватися окремі або суцільні пожежі. Окрема пожежа виникає в окремій будівлі або споруді. Суцільна пожежа характеризується тим, що всі або більшість будівель і споруд підприємства, що займають значну площу, охоплені вогнем.

Середня кількість спалахів від світлового імпульсу, що припадає на одиницю площі забудови, за інших однакових умов залежить від протипожежної готовності об'єкту. При добрій протипожежній підготовці об'єкту кількість пожеж може бути значно понижена, а для деяких виробництв зведена до нуля. Ця задача може бути успішно вирішена при обліку конкретних умов і основних чинників, що впливають на виникнення і розповсюдження пожеж на об'єкті.

На виникнення і розповсюдження пожеж впливають, головним чином, такі чинники: вогнестійкість будівель і споруд; пожежна небезпека виробництва; густина забудови; метеорологічні умови і ін.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається займистістю їх елементів і межами вогнестійкості основних конструкцій (частин) будівель і споруд.

Займистість того або іншого елемента будівлі визначається займистістю будівельних матеріалів, з яких він виконаний. Всі будівельні матеріали по займистості діляться на три групи: не згораючі, важкоспалимі, згораючі.

Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу в годинах від початку дії вогню на конструкцію до утворення в ній наскрізних тріщин або до досягнення температури 200 °С на поверхні, протилежній дії вогню, або до втрати конструкцією несучої здатності (обвалення).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В роботі проаналізовано структуру та класифікацію втрат електричної енергії на промисловому підприємстві, визначено основні фактори, що впливають на енергоспоживання та можливості їх оптимізації.

2. В роботі розроблено систему заходів для зниження енергетичних втрат, яка включає модернізацію устаткування, покращення управління енергоспоживанням та впровадження енергозберігаючих технологій.

3. В роботі проведено розрахунки втрат електричної енергії у різних підрозділах підприємства, а також запропоновано способи їх зменшення через заміну енергоспоживаючого обладнання та впровадження енергозберігаючих заходів.

4. В роботі визначено економічну доцільність впровадження запропонованих заходів з оптимізації енергоспоживання, що дозволить підприємству значно знизити витрати на електричну енергію та підвищити конкурентоспроможність.

5. В роботі запропоновано заходи з покращення організації електропостачання, які включають модернізацію трансформаторних підстанцій, використання сучасних систем компенсації реактивної потужності та автоматизацію процесів енергоспоживання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.
2. Коваль В. П. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей / В. П. Коваль, Р. Р. Івасечко, К. М. Козак // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2015. – № 3. – С. 2-10.
3. Коваль В. П. Автоматизована вимірювальна установка для дослідження електричних характеристик фотоелектричних модулів/ В. П. Коваль, Б.Я. Оробчук, Л.М. Костик, Я.М. Осадца// Вісник Хмельницького національного університету. – 2022. – № 5. – С. 168-173.
4. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.
5. Тарасенко М. Dependences of relative and absolute glazed area from configuration and common areas of window embrasure / М. Тарасенко, В. Бурмака, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2018. – №1 (89). – С. 122-131.
6. Тарасенко М. Шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів у побуті / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.
7. Тарасенко М. Економічна ефективність багатотарифного обліку електроенергії в Україні / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2017. – №1. – С. 23-33.
8. Тарасенко М. Ways to save fuel and energy resources in daily graft / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.

9. Козирський В. В. Основи електропостачання: підруч. / Козирський В.В., Волошин С.М., – К.: Компрінт, 2021. – 497с.
10. Охріменко В. М. Споживачі електричної енергії: підручник / В. М. Охріменко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 286 с.
11. Загальна електротехніка і основи електроніки: навчальний посібник / Співак В.М., Гуржий А.М., Нельга А.Т., Ітякін О.С.– Київ: КПІ, 2020. – 266 с.
12. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво "Форт", 2017. – 760 с.
13. ДНАОП 0.00-2.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
14. Мадьяров, В. Г. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1 : конспект лекцій / Карпов Ю. О., Магас Т. Є., Мадьяров В. Г. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 154 с.
15. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. – Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
16. Маліновський А.А. Основи електроенергетики та електропостачання: підручник. / А.А. Маліновський, Б.К. Хохулін; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – 2-ге вид., перероб. та доп. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2009. – 436 с.
17. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи : підручник / М. С. Сегеда; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – 3-тє вид., перероб. та доп. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. – 540 с.
18. Системи стимулювання енергозбереження і управління ним на промислових підприємствах / Рогальський Б.С., Бірюков О.О., Мельничук Л.М., Войтюк Ю.П. // Матеріали доповідей VII Міжнародної конференції КУСС. – Вінниця – 2003.– С. 159-162.

19. Лежнюк П.Д. Електроощадні технології в електричних мережах енергосистем / Л. Н. Добровольська, В. В. Кулик, П. Д. Лежнюк // Під редакцією Лежнюка П.Д. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. – 328 с.
20. Сірий О. М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств: Навч. Посібник / О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко – Київ, 1993 – 592 с.
21. Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання [Текст] : навч. посіб. [для студ. електротехн. спец. вищ. навч. закл.] / В. М. Буряк. – 2-ге вид., переробл. та випр. – Х. : Тимченко, 2008.
22. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.– Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.
23. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків [Текст] : [Навч. посіб. для вищ. навч. закл.] Вінниц. нац. техн. ун-т. – [2-е вид., перероб. і допов.]. – Вінниця : Універсум, 2005. – 147 с.
24. Бурбело М. Й., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с.
25. Мельничук Л.М. Система стимулювання енергозбереження на основі компенсації реактивної потужності в електричних мережах промислових підприємств // Економіка: проблеми теорії та практики. – Видавництво Дн.ГУ. – 2006. – Вип. 214. – Том III. – С. 710–714.
26. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.
27. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
28. Принц В.В., Цимбалістий В.М Електричні мережі. Монтаж, обслуговування та ремонт. Львів: Оріяна – Нова, 2003.

29. Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є., Гунько І О. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії: монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 164 с.
30. Лежнюк П.Д., Ковальчук О.А., Нікіторович О.В., Кулик В.В. Відновлювані джерела в розподільних електричних мережах: Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.
31. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 656 с.
32. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. К.: Каравела, 2011. – 384 с.
33. Буцьо З. Ю., Мартинюк В. І. Аналіз втрат електричної енергії в електромережах усіх рівнів напруги в енергосистемах провідних зарубіжних країн та України. Енергетика та електрофікація, – № 2, – 2020 .
34. Aleksander Kot, Wiesław Nowak, Waldemar Szpyra, Rafał Tarko Efficiency improvement of reactive power compensation in power distribution networks. Przegląd elektrotechniczny. – 2013. – No6. – P. 190-195.
35. Akash, Gaurav Shah, Himnay Pratap Singh, Avinas Kumar Chauhan Importance of reactive power for distributed generation. International journal of emerging technology and advanced engineering. – 2014. – No1. – P. 84-88.
36. Pavlo Krasovskiy. Operating dynamics of parameters and technical losses in the components of power supply systems / P. Krasovskiy, D. Tsyplenkov, O. Nesterova // Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems. – London: Taylor & Francis Group, UK, 2013. – P. 113-119.