Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра “Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент”

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____Петро ПЛЄШКОВ
“___“ _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему

“» Аналіз впливу системи енергетичного менеджменту на рівень енергоефективності промислового району”

Виконав здобувачка вищої освіти
2 курсу магістратури, групи ЕНМ-22М
ОПП «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
_____Інна Бедзай
«____»_____2023 р.
Керівник роботи
к.т.н., доцент
_____Іван САВЕЛЕНКО
«_____»_____2023 р.
Рецензент _____
_____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет *будівництва, транспорту та енергетики*
Кафедра *електротехнічних систем та енергетичного менеджменту*
Рівень вищої освіти *другий (магістерський)*
Галузь знань *14 Електрична інженерія*
Спеціальність *141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
Освітньо-професійна програма *Енергетичний менеджмент*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри
_____ *Плєшков П.Г.*
«_____»_____2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бедзай Інна Володимирівна
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) *» Аналіз впливу системи енергетичного менеджменту на рівень енергоефективності промислового району*
Analysing the impact of the energy management system on the energy efficiency of an industrial district

2. Керівник роботи (проекту) *Савеленко Іван Валодимирович, к.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту *30.12.2023 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)
Аналіз функціонування системи енергетичного менеджменту для підвищення енергоефективної промислового району
Теоретичне дослідження режимів електроспоживання підприємств промислового району. Дослідження функціонування системи енергетичного контролю на техніко-економічні показники промислового району. Моделювання режимів розподільчих мереж промислового району. Охорона праці.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	*к.т.н, доц. Савеленко І.В.*		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вступ.*	*10.10.23*	
2	*Аналіз функціонування системи енергетичного менеджменту для підвищення енергоефективної промислового району*	*17.10.23*	
3	*Теоретичне дослідження режимів електроспоживання підприємств промислового району*	*30.10.23*	
4	*Дослідження функціонування системи енергетичного контролю на техніко-економічні показники промислового району*	*18.11.23*	
5	*Моделювання режимів розподільчих мереж промислового району*	*03.12.23*	
6	*Охорона праці*	*10.12.23*	
7	*Висновки*	*16.12.23*	
8	*Оформлення пояснювальної записки та презентації роботи*	*30.12.23*	

Дата видачі завдання
«____» _____2023 р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання
«____» _____2023 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Бедзай І.В. **Аналіз впливу системи енергетичного менеджменту на рівень енергоефективності промислового району**

Analysing the impact of the energy management system on the energy efficiency of an industrial district

Спеціальність 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». - ОПП «Енергетичний менеджмент». - Центральноукраїнський національний технічний університет. - м. Кропивницький, 2023 р.

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у розробці системи енергоменеджменту та контролю промислового району з метою підвищення функціональності системи електроспоживання.

Об'єктом аналізу стали основні завдання та функції енергетичного менеджменту на промислових підприємствах. В рамках дослідження розглянуто структуру технологічних та організаційно-технологічних заходів, які використовуються при впровадженні систем енергоменеджменту. Також обрано оптимальний метод оцінки інвестиційних проектів.

Проведений аналіз методів визначення та структури втрат електроенергії в промисловому районі дозволив виявити фактори, що впливають на ефективність роботи системи електропостачання. Розроблена система енергетичного контролю для промислового району, а також вибрано технічне обладнання для автоматизованої системи контролю обліку та контролю.

Результати наших досліджень можуть бути корисні для енергетичних компаній, оскільки вони спрямовані на підвищення ефективності використання електроенергії в системах електроспоживання.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ, АСКОЕ, ЕНЕРГООЩАДНІ ЗАХОДИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ВТРАТИ.

ABSTRACT

BEDZAI I. Analysing the impact of the energy management system on the energy efficiency of an industrial district.

Аналіз впливу системи енергетичного менеджменту на рівень енергоефективності промислового району

Specialty 141 - "Electric Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics" - Educational Program "Energy Management" - Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi, 2023.

The purpose of this qualification work is to develop an energy management and control system for an industrial area to enhance the functionality of the power consumption system. The main tasks and functions of energy management in industrial enterprises were the subject of investigation.

An analysis of the structure of technological and organizational-technological measures used in the implementation of the energy management system has been carried out, and an optimal method for evaluating investment projects has been selected. An analysis of methods for determining the structure of electricity losses in an industrial area has been conducted. Factors influencing the efficiency of the power supply system operation have been identified.

A system of energy control for the industrial area has been developed, and technical equipment for the automated accounting and control system has been selected.

The results of the research conducted in this work can be utilized by energy companies to improve the efficiency of electricity usage in power consumption systems.

ENERGY MANAGEMENT, ENERGY CONTROL, ASCOE, ENERGY SAVING MEASURES, TECHNOLOGICAL LOSSES.

ЗМІСТ

ЗМІСТ 6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 8
ВСТУП 9
1. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ 12
1.1. Структура технологічних та організаційних заходів 15
1.2. Удосконалення структури заходів направлених на зменшення втрат... 16
1.3. Стимулювання проектів зі зменшення втрат 21
Висновки до розділу 24
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ 25
2.1 Аналіз методів визначення втрат електроенергії в промисловому районі 25
2.2. Аналіз методів визначення втрат електроенергії в електричних мережах 27
2.2.1. Аналітичне дослідження режимних втрат електричних мереж 29
2.3. Аналіз електроенергетичного балансу промислового району 31
Висновки до розділу 40
3. ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ 41
3.1. Загальна характеристика системи енергетичного контролю промислового району 41
3.2. Обґрунтування систем комерційного та технічного обліку і контролю систем енергопостачання 43
3.3. Характеристика системи енергетичного контролю промислового

району 46
Висновки до розділу 50
4. МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ 51
4.1. Визначення числових характеристик навантаження для обчислення втрат електроенергії 51
4.2. Дослідження втрат потужності та електроенергії в розподільних мережах 52
4.3. Оцінка впливу енергозберігаючих заходів в системі електропостачання 57
4.4. Нормалізований електроенергетичний баланс 59
Висновки до розділу 62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 65
ДОДАТКИ 67
Додаток А. 68
Додаток Б 75
Додаток В 77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСКОЕ – автоматизована система контролю і обліку електроенергії

АІВС - автоматизована інформаційно-вимірювальна система

ЕЕРП – економічний еквівалент реактивної потужності

ЕК – енергопостачальна компанія

ЕСКО – енергозберігаюча компанія, яка проводить інвестицію під ключ, повністю організовуючи всю схему руху грошових коштів

КРП – компенсація реактивної потужності

НКРЕ – Національна комісія регулювання електроенергетики

ОЕС – об’єднана енергетична система

ОРЕ – оптовий ринок електроенергії

ПЕР – паливо-енергетичні ресурси

ПІ – початкові інвестиції

РЕМ – районні електричні мережі

СЕМ – системи енергетичного менеджменту

ТН – трансформатори напруги

ТС - трансформатори

ЧПВ - чиста поточна вартість

ВСТУП

Міжнародний досвід свідчить, що впровадження системи енергетичного менеджменту на промислових підприємствах сприятиме ефективному впровадженню енергоефективних технологій і заходів, що призведе до значних економічних заощаджень.

Вирішення завдань з енергозбереження та підвищення енергоефективності можливе лише через введення системи енергетичного менеджменту (СЕМ).

Система енергетичного менеджменту, яка є складовою загальної системи управління підприємством, включає організаційну структуру, функції управління, обов’язки, процедури, процеси і ресурси для формування, впровадження та досягнення цілей політики енергозбереження.

Впровадження СЕМ призведе до зменшення частки енерговитрат у собівартості кінцевої продукції, підвищення прибутковості підприємства та збільшення соціальної складової собівартості продукції (заробітну плату, матеріальну підтримку тощо). Крім того, введення СЕМ дозволить оптимізувати тарифоутворення й уникнути перекладання невиправданих енерговитрат на споживачів.

Система енергетичного менеджменту промислового підприємства - це комплекс організаційних, технічних засобів та програмно-методичного забезпечення, які узгоджено керують виробничим процесом для споживання лише необхідних обсягів енергії для виробництва визначених обсягів продукції чи послуг.

Сферою управління системи енергетичного менеджменту є агропромислові підприємства промислового району в цілому або окремі їх структурні частини, такі як цехи чи дільниці, а також паливні та енергоспоживаючі агрегати. Крім того, персонал підприємства, зайнятий

питаннями ефективного використання енергії, експлуатацією, ремонтом та технічним обслуговуванням устаткування, також є об'єктом управління.

В сучасних умовах економіки України, де є обмеженість енергетичних ресурсів та значний відсоток приватизації окремих енергетичних об'єктів, втрати електроенергії стали важливим фактором у керуванні економічною ефективністю роботи підприємств енергетичного сектору. Серед об'єктів, де спостерігаються великі втрати потужності та електроенергії, розподільні електричні мережі раніше не залучали особливої уваги. Основним завданням для них було забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання споживачів, а не оптимальне керування режимами електроспоживання через обмежені можливості контролю та управління поточними режимами енергоспоживання.

Ефективне використання електроенергії тепер є ключовим аспектом в економіці енергетичної галузі через високий рівень її енергоємності. У нашій країні існує актуальний дефіцит енергоносіїв, що призводить до підвищеного рівня втрат електроенергії при її транспортуванні та розподілі, що пояснює низькі показники енергетичної галузі та вимагає впровадження систем енергетичного менеджменту та модернізації систем енергетичного контролю.

Збільшений рівень втрат електроенергії в розподільчих електричних мережах обумовлений кількома факторами, включаючи:

- велику проектну густину струму в 1 А/мм2, що вдвічі перевищує аналогічні показники в країнах західної Європи;

- високий рівень неоднорідності мереж;

- недостатній рівень компенсації реактивної потужності, що втричі менший порівняно з країнами північної Америки;

- практично відсутня автоматизація в пристроях РПН трансформаторів розподільчих мереж напругою 10 кВ.

Наслідком поточного стану в енергетичній сфері є втрати електроенергії на рівні 9–26% під час транспортування та розподілу.

Збільшення втрат призводить до додаткового зниження якості електроенергії. В електричних мережах часто не виконуються стандарти ДЕСТ щодо напруги, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів системою енергетичного менеджменту в розподільних мережах. Аналіз ефективності таких заходів вимагає модернізації систем контролю та обліку електроспоживання.

Задача дослідження полягає в вивченні можливостей впровадження систем енергетичного менеджменту та контролю на промислових об'єктах з розподіленою структурою для підвищення ефективності енергоспоживання в складі промислового району.

Об'єктом аналізу є схема електропостачання промислового району та його структурних підрозділів підприємства.

Предметом досліджень стають усталені режими роботи та рівень технологічних втрат в електричних мережах промислового району.

1. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

Система енергетичного менеджменту (СЕМ) на промисловому районі підприємства складається з різноманітних організаційних, технічних засобів та програмно-методичного забезпечення, спрямованих на ефективне управління процесом електроспоживання з мінімізацією витрат.

Служба енергетичного менеджменту служить для досягнення запланованих результатів у сфері енергозбереження, орієнтованих на такі напрямки як теплоспоживання, електроспоживання та водоспоживання.

Формулюючи завдання управління, важливо визначити його складові: об'єкт управління, мету та критерії, керуючі впливи, обмеження процесу управління, некеровані впливи на об'єкт та засоби управління. Ці компоненти представлені на рис. 1.1 в контексті процесу управління.

Об'єктом дослідження стають промисловий район та окремі підприємства, що входять до його складу, розподільчі електричні мережі, балансуючий вузол електропостачання, а також персонал підприємства, який взаємодіє з питаннями ефективного використання паливо-енергетичних ресурсів (ПЕР), експлуатації, ремонту та обслуговування устаткування.

Розглядуваний об'єкт відноситься до складних систем, тому для його опису використовуються кілька різних представлень залежно від характеру завдань. Одним із найбільш загальних є структурна схема об'єкту, на якій виділені вузли введення і виведення ПЕР, такі як трансформаторні підстанції, розподільчі електричні мережі, підрозділи підприємства, а також прилади для обліку споживання та відпуску електроенергії.

Рис. 1.1. Структурна схема СЕМ промислового району

2. Для наглядності матеріальних потоків підприємства, зокрема потоків електроенергії, можна використовувати схеми у вигляді орієнтованих графів.

У таких схемах дугами будуть представлені потоки електроенергії, а вузлами - пристрої для їхнього використання, переробки та транспортування.

3. Графічне відображення систем електропостачання заводу із зазначенням ключових контрольованих параметрів стане корисним інструментом для аналізу та управління.

4. Зазначте найпотужніші агрегати, такі як електричні печі, компресори та потужні електроприводи, щоб визначити основні джерела споживання електроенергії.

Метою управління є зниження витрат електроенергії на одиницю продукції (електроенергії) шляхом мінімізації питомих витрат електроенергії споживання паливо-енергетичних ресурсів:

$$P = \frac{E}{П} \rightarrow \min, \tag{1.1}$$

де Р - Обсяг електроенергії за звітний період в натуральних показниках вимірюється у кількості кіловат-годин (кВт·год), Е - фактичне споживання електроенергії за той самий звітний період, також виміряне в кількості кіловат-годин (кВт·год).

Однак цей критерій (Е) має свій недолік, оскільки він не враховує витрати на впровадження енергозберігаючих заходів. Тому, окрім врахування критерію (1.1) для оцінки ефективності управління енергоспоживанням підприємства на довгих періодах часу, коли вкладаються фінансові ресурси в енергозберігаючі заходи, цілком обґрунтованим є використання сумарних витрат. Ці витрати включають як капітальні витрати на енергозберігаючі заходи, так і експлуатаційні витрати, пов'язані з оплатою за енергоносії:

$$З \rightarrow \min. \tag{1.2}$$

Обсяг спожитої електроенергії за звітний період, вимірюваний у кількості кіловат-годин (кВт·год), є натуральним показником, тоді як критерій Е відображає реальне споживання електроенергії за той самий звітний період, також виміряне в кількості кіловат-годин (кВт·год).

Важливо відзначити, що критерій Е має свої обмеження, оскільки він не враховує витрати на впровадження енергозберігаючих заходів. Тому, для комплексної оцінки ефективності управління енергоспоживанням підприємства протягом тривалих періодів, коли відбуваються фінансові вкладення у енергозберігаючі заходи, доцільно використовувати сумарні витрати. Ці витрати включають як капітальні витрати на енергозберігаючі заходи, так і експлуатаційні витрати, пов'язані з оплатою за енергоносії.

1.1. Структура технологічних та організаційних заходів

Критеріями ефективності та оптимальності проектних рішень є економічні показники, при цьому важливо дотримуватися технічних, технологічних, соціальних і екологічних обмежень. В якості початкового положення використовується початкове становище перед впровадженням організаційно-технічних заходів, а як заключний – становище після реалізації запропонованих ініціатив.

Під економічною ефективністю організаційно-технічних заходів розуміється додатковий прибуток, який залишається у розпорядженні підприємства чи суб’єкта господарювання внаслідок впровадження відповідних ініціатив. Залежно від джерела економічного ефекту заходи з енергозбереження можна розділити на прямі, непрямі, балансові або структурні економії енергетичних ресурсів.

Особливу увагу слід звернути на організаційно-технічні заходи, спрямовані на пряму економію енергетичних ресурсів. Це включає заходи технологічного спрямування, спрямовані на раціональне використання

паливно-енергетичних ресурсів та збереження їх якості в процесі видобування, переробки, транспортування та зберігання.

До технологічних організаційно-технічних заходів відносяться використання вдосконалених технологічних процесів, заміна застарілого обладнання, підвищення енергетичного ККД пристроїв та агрегатів, впровадження комбінованих енерготехнологічних процесів та оптимізація балансу енергоспоживання підприємства.

1.2. Удосконалення структури заходів направлених на зменшення втрат

В міжнародних практиках набувають поширення системи контролю та нормалізації електроспоживання [1]. Основна концепція полягає в індивідуалізації відповідальності керівників підрозділів за ефективність енерговикористання. Суттєвою особливістю є постійність процесу контролю та управління. Метою контролю є перевірка того, що енергетичні ресурси надходять і використовуються ефективно та результативно для досягнення цілей, поставлених перед промисловим підприємством, а втрати електричної енергії не перевищують прийнятих нормативів. Цей вид контролю можна віднести до управлінського контролю [2], і він базується на обліку електричної енергії.

Графіки навантаження промислових підприємств та їх окремих споживачів характеризуються значущою нерівномірністю, що ускладнює облік втрат електричної енергії. Оптимальні втрати виникають при оптимальному режимі споживання і є технологічно необхідними [3].

Терміни "основні втрати" використовують для тих, що виникають при сталому графіку навантаження. Нерівномірність графіка навантаження призводить до додаткових втрат. Оскільки нерівномірність графіків навантаження можна аналізувати на річному, місячному та денному рівнях,

виникає питання про взаємозв'язок між основними та додатковими втратами протягом цих періодів. Слід зазначити, що можуть розглядатися і інші інтервали часу, такі як тиждень.

Необхідно вирішити завдання визначення зв'язків між основними та додатковими втратами електричної енергії на рівні року, окремих місяців та днів. Добові втрати електричної енергії поділимо на дві складові[5, 6]:

$$\Delta W_{jk} = \Delta W'_{jk} + \Delta W''_{jk} \tag{1.3}$$

де W'_{jk} , W''_{jk} - відповідно основні та додаткові втрати *j*-го місяця *k*-го дня.

Причому :

$$\Delta W'_{jk} = \frac{S_{cjk}{}^2 RT}{U^2}; \ \Delta W''_{jk} = (K_{\Phi jk}{}^2 - 1)\Delta W'_{jk} \tag{1.4}$$

де S_{cjk} , $K_{\Phi jk}$ – Середнє навантаження та коефіцієнт форми графіка навантаження для j-го місяця та k-го дня позначаються як U та R відповідно. Тут U - напруга, R - опір лінії живлення, а T = 24 години.

Підсумувавши втрати електричної енергії окремих днів за *j*-й місяць, отримаємо:

$$\Delta W_j = \sum_k \Delta W'_{jk} + \sum_k \Delta W''_{jk} \tag{1.5}$$

Розглянемо втрати електричної енергії протягом місяця, розкладаючи їх на три окремі компоненти: основні втрати за місяць, додаткові місячні втрати і добові додаткові втрати.

$$\Delta W_j = \Delta W'_j + \Delta W''_j + \Delta W''_{j\partial} \tag{1.6}$$

У той час, залежність між компонентами місячних і добових втрат може бути виражена таким чином:

$$\Delta W'_j + \Delta W''_j = \sum_k \Delta W'_{jk}\,; \quad \Delta W''_{j\partial} = \sum_k \Delta W''_{jk} \tag{1.7}$$

Крім того, місячні основні та додаткові втрати можна визначити за формулами:

$$\Delta W'_j = \frac{S_{cj}^{\,2} R T_j}{U^2}\,; \quad \Delta W''_j = (K_{\Phi j}^{\,2} - 1)\Delta W'_j \tag{1.8}$$

де S_{cj}, $K_{\Phi j}$ – середнє навантаження та коефіцієнт форми графіка навантаження j-го місяця, що побудований за добовими споживаннями електричної енергії; T_j – тривалість j-го місяця, год.

Аналогічно підсумувавши втрати електричної енергії окремих місяців за рік, отримаємо:

$$\Delta W = \sum_j \Delta W'_j + \sum_j \Delta W''_j + \sum_j \Delta W''_{j\partial} \tag{1.9}$$

Розглянемо втрати електричної енергії протягом місяця, розкладаючи їх на три окремі компоненти: основні втрати за місяць, додаткові місячні втрати і добові додаткові втрати.:

$$\Delta W = \Delta W' + \Delta W'' + \Delta W''_{м} + \Delta W''_{д}. \tag{1.10}$$

При цьому зв’язок між складовими річних і місячних втрат має вигляд

$$\Delta W' + \Delta W'' = \sum_j \Delta W'_j\,; \quad \Delta W''_{м} = \sum_j \Delta W''_j\,; \quad \Delta W''_{\partial} = \sum_j \Delta W''_{j\partial} \tag{1.11}$$

Крім того, річні основні та додаткові втрати можна визначити з формулами:

$$\Delta W' = \frac{S_{cp}^{\,2} R T_p}{U^2}\,; \quad \Delta W'' = (K_{\Phi p}^{\,2} - 1)\Delta W' \tag{1.12}$$

де $S_{ср}$, $K_{Фр}$ – середнє навантаження та коефіцієнт форми річного графіка електроспоживання, який складається на основі місячних витрат електроенергії; Тр - тривалість річного електричного навантаження в годинах. Запропонований підхід дозволяє враховувати втрати та виявляти резерви для зменшення споживання електроенергії.

Контроль за втратами електроенергії виконує ключову роль як інструмент енергозбереження на промислових підприємствах. Однак складність забезпечення ефективного контролю виникає через те, що облік електроенергії проводиться лише на головній понижувальній та розподільних підстанціях підприємства, а безпосередні споживачі звітують за місяць в цілому.

Визначення фактичних втрат та їх розподіл між споживачами у таких умовах виявляється досить важливим завданням. Сумарні покази лічильників, встановлених на підстанціях, та суми показів лічильників споживачів недостатні для оцінки втрат електроенергії. Така ситуація вимагає додаткового технічного обліку та розрахунків для більш точного визначення технологічних втрат та виявлення їх причин.

У роботах [6, 7] було вирішено задачу знаходження більш точного значення еквівалентного опору електричної мережі, що підвищує достовірність контролю втрат електроенергії. При цьому враховується інформація про місячне споживання електроенергії окремими споживачами та фактичний час їхньої роботи.

Для ефективного контролю витрат рекомендується використовувати спрощену формулу. [6,7, 9]:

$$\Delta W = \frac{\left(W^2 + W_p^2\right) K_\phi^2 R}{U_o^2 T} \tag{1.13}$$

де W, W_p – активна та реактивна енергія, що передаються через головну дільницю за розрахунковий період T; K_ϕ – коефіцієнт форми графіка

навантаження головної дільниці; R – еквівалентний опір всієї електричної мережі (ліній та трансформаторів); U_0 – середній рівень напруги головної дільниці.

Зважаючи на те, що витрати енергії, коефіцієнт форми та напруга на головній дільниці можуть бути виміряні, похибки в обчисленнях у цьому випадку обумовлені точністю визначення еквівалентного опору мережі R. Рекомендується використовувати наступну формулу для розрахунку еквівалентного опору мережі:

$$R = R_0 + \frac{R_e}{n_e} \tag{1.14}$$

де n_e – ефективне число споживачів; R_e – еквівалентний опір дільниць живлення окремих споживачів, визначають:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} W_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} W_i^2}; \quad R_e = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i^2 R_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i^2}$$

Запропоновані рівняння дозволяють точніше визначати втрати електричної енергії з врахуванням відомих графіків навантаження на основній мережі, часу роботи споживачів та місячного споживання електроенергії. Однією з переваг використання формули (1.14) є можливість уточнення ефективної кількості споживачів і еквівалентного опору Re за фактичним місячним споживанням.

Крім того, ефективну кількість електроспоживачів можна використовувати для приблизної оцінки коефіцієнтів форми Кфі у випадку відсутності інформації про їх графіки навантаження. З цією метою можна використовувати наступну формулу:

$$K_{\phi i}^{2} - 1 \approx \alpha_i n_e \left(K_{\phi}^{2} - 1\right) \tag{1.15}$$

де α_i – коефіцієнт, який відображає відношення між індивідуальними коефіцієнтами форми, може бути уточнений, враховуючи відомий коефіцієнт форми групового графіка.

Більш складним завданням є визначення та розподіл втрат електроенергії між споживачами або вузлами груп споживачів. З огляду на те, що технологічні втрати, що виникають під час передачі електричної енергії, мають нелінійну залежність від навантажень, втрати електроенергії можуть розподілятися як за лінійним, так і за нелінійними залежностями від навантажень споживачів. Найбільш складним є розрахунок втрат в розподільчій мережі 10 кВ, оскільки такі мережі мають велику розгалуженість та значну кількість споживачів.

1.3. Стимулювання проектів зі зменшення втрат

Для втілення інвестиційних проектів із зменшення втрат у електричних мережах потрібно вирішити три основні завдання: спочатку визначити джерела фінансування; наступним етапом є визначення критеріїв оцінки ефективності заходів з енергозбереження; і, нарешті, оцінити ефективність конкретних заходів з енергозбереження для кожного окремого споживача. Розглянемо вже відомі методи залучення коштів для реалізації проектів із зменшення втрат електроенергії.

Один із найбільш простих методів для отримання коштів на власні енергозберігаючі проекти для більшості підприємств - це отримання кредиту. Позитивними аспектами отримання кредиту є його відносна простота оформлення, швидке одержання коштів, а також відсутність впливу на структуру власності підприємства. Мінусами можуть бути необхідність

повернення грошей та відсотків, а також той факт, що максимальний термін позики в комерційних банках обмежений одним роком.

Прямі інвестиції представляють собою метод залучення фінансових ресурсів на підприємство за допомогою емісії нових акцій або передачі вже існуючих акцій інвесторам. Інвесторами в цьому випадку найчастіше виступають інвестиційні компанії або спеціалізовані інвестиційні фонди, які збирають кошти від інституційних та приватних інвесторів з метою подальшого їхнього росту через вкладання в прибуткові активи. Важливим аспектом прямих інвестицій є наявність кваліфікованого інвестора, зацікавленого в проекті і здатного надавати не лише фінансову, а й професійну підтримку. При цьому підприємству не потрібно сплачувати відсотки, як у випадку кредитів.

Прямий інтерес інвестора полягає в отриманні прибутку через певний час, коли інвестиційний проект буде реалізований, і вартість акцій підприємства зросте в кілька разів. Тоді він може продати свої акції, отримати свої вкладені кошти та здобути прибуток.

Портфельні інвестиції є пропозицією різним інвесторам цінних паперів емітента, які здійснюється через випуск необхідної суми цінних паперів (акцій або облігацій) підприємства. У цьому випадку кількість інвесторів може бути великою, і від кожного з них вимагається менша сума, ніж у випадку прямих інвестицій. При емісії акцій немає обов'язку повертати гроші інвесторам, тоді як у випадку облігацій це є обов'язковим.

Випуск та розміщення цінних паперів регулюється, і, отже, підприємству необхідно оплачувати посередникам (інвестиційним компаніям і консультантам) винагороду за залучення капіталу і допомогу в проведенні емісії акцій. Звичайно, це становить від 3% до 10% від обсягу залученого капіталу [10].

Тарифний кредит визначається як встановлення знижених тарифів на електроенергію для споживачів, збитки від яких компенсуються за рахунок розвитку виробництва і впровадження енергозберігаючих проектів [11]. Обсяг тарифних інвестицій власників електричних мереж промислового району, наданих протягом часу t, та обсяг повернення тарифного кредиту (фактично додаткового доходу власників промислового району від розширення електропостачання) за період h, дисконтовані до чистої теперішньої вартості, відповідно розраховуються:

$$I = \frac{\Delta c_0 W_0 t}{(1+d)^t}; \quad Д = \frac{c_0 \Delta W_0 h}{(1+d)^{t+h}}$$

де Δc_0 – розмір тарифної знижки; – збільшення електроспоживання; d – відсоткова ставка, %; $W_0 = V_0 \cdot \omega$ – спожита електроенергія, V_0 – обсяг виробництва; ω – електроємність одиниці продукції.

Річний додатковий дохід $\Delta c_0 \cdot W_0$ власники мереж промислового району почнуть отримувати через час *t* (років).

Умова окупності тарифної інвестиції:

$$\frac{\Delta c_0 W_0 t}{(1+d)^t} = \frac{c_0 \Delta W_0 h}{(1+d)^{t+h}}$$

Навіть у світовій практиці інвестицій в енергозбереження, найбільш розповсюдженою є послуга, яку надає енергосервісна компанія (ЕСКО), відома як "фінансування третьою стороною" [12]. Ця концепція базується на тому, що позичені кошти повертаються за рахунок зменшення витрат на енергію, тобто через досягнене енергозбереження.

Висновки до розділу

Впровадження системи енергоменеджменту на промислових підприємствах дозволить оптимізувати баланс енергоспоживання в промисловому районі та удосконалити його структуру. Це буде досягнуто шляхом обґрунтованого вибору найбільш ефективних заходів, що враховують конкретні умови енергоспоживання та енергопостачання.

Дослідження можливостей систем енергетичного менеджменту на промислових підприємствах свідчить про те, що підвищення енергоефективності електричних мереж стає ключовим напрямком для виявлення можливостей енергозбереження в системах електроспоживання.

Для оцінки інвестицій в енергозберігаючі заходи можна користуватися різними критеріями. Здійснення комплексної оцінки за різними критеріями дозволить точніше визначити привабливість проектів з точки зору інвестора. Наприклад, внутрішній коефіцієнт окупності інвестицій слугує фільтром, що допомагає відсіяти неефективні проекти, а розрахунок привабливості на основі чистої вартості є більш вірогідним показником.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

2.1 Аналіз методів визначення втрат електроенергії в промисловому районі

Головною метою розрахунків і аналізу є зниження втрат шляхом раціонального використання економічно обґрунтованих заходів. Економічним спрямуванням, яке повинно активувати практичне впровадження заходів, є встановлення планових значень втрат. Ці значення обчислюються, враховуючи реальні можливості персоналу з їх зниження. Отже, на практиці розрахунки втрат здійснюються для вирішення двох ключових завдань: вибору заходів зі зниження втрат та обґрунтування планового завдання стосовно втрат.

В залежності від наявності повної інформації про навантаження елементів електричної мережі протягом розрахункового періоду для визначення навантажувальних втрат можуть використовуватися різні методи.

Один із таких методів - це метод поелементних розрахунків, який визначається за відповідною формулою.

$$\Delta W_н = 3\Delta t \sum_{i=1}^{k} R_i \sum_{j=1}^{n} I_{ij}^2 \qquad (2.1)$$

де k – кількість елементів мережі; Δt – інтервал часу між послідовними замірами навантаження елементів; T – звітний період часу; n = T/Δt – кількість інтервалів; I_{ij} – середнє значення струму i-го елементу з опором R_i на j-му інтервалі часу.

2. Методи характерних режимів визначаються відповідною формулою:

$$\Delta W_н = \sum_{j=1}^{l} \Delta P_j t_j$$

(2.2)

де ΔP_j – навантажувальні втрати потужності в мережі в j-му режимі тривалістю t_j годин; l – кількість режимів.

3. Методи характерних діб, визначаються за формулою:

$$\Delta W_н = \sum_{i=1}^{m} \Delta W_{нi}^{д} D_{екi} \tag{2.3}$$

де m – число характерних діб, втрати електроенергії за кожну з яких, обчислені за розрахунковими графіками у вузлах мережі, складають $W^{д}_{нi}$; $D_{ек}$ – еквівалентована тривалість в рік i-го типового графіка (кількість діб).

4. Методи, в яких використовують кількість годин найбільших втрат

$$\Delta W_н = \Delta P_{max} \tau \tag{2.4}$$

де ΔP_{max} - втрати потужності в режимі максимального навантаження мережі.

5. Методи середніх навантажень визначаються відповідною формулою:

$$\Delta W_н = \Delta P_{ср} k_ф^2 T \tag{2.5}$$

де $\Delta P_{ср}$ – втрати потужності в мережі за середніх навантаженнь вузлів тривалюстю T; $k_ф$ – коефіцієнт форми графіка потужності або струму.

6. Статистичні методи, що використовують регресійні залежності втрат електроенергії від узагальнених характеристик схем і режимів електричних мереж.

Методи 1-5 передбачають проведення електричних розрахунків мережі при заданих значеннях параметрів схеми і навантажень.

Статистичні методи не передбачають електричного розрахунку мережі. При їх використанні втрати електроенергії обчислюють на підставі стійких

статистичних залежностей втрат від узагальнених параметрів мережі, наприклад, сумарного навантаження, сумарної довжини ліній, кількості підстанцій тощо. Самі ж залежності отримують на підставі статистичної обробки певної кількості схемотехнічних розрахунків, для кожного з яких відомі розраховане значення втрат.

Статистичні методи використовують для оцінки сумарних втрат в мережі. Вони не дозволяють визначити конкретні заходи із зниження втрат. Ці методи використовуються при розрахунках і аналізі втрат в мережах, де ще не впроваджена автоматизована система керування цими мережами, відсутній банк даних про їх схеми і не організовано періодичне поповнення даних про їх навантаження.

2.2. Аналіз методів визначення втрат електроенергії в електричних мережах

Під час транспортування електричної енергії технічні втрати в непередбачуваних. Ці втрати обумовлені конструктивними параметрами мережі та фізичними процесами, які відбуваються в провідниках при передачі електроенергії.

Технологічні витрати електроенергії в електромережах складаються з комерційних та технічних (технологічних) втрат [13]. Структура їх представлена на рис. 2.1. Технологічні втрати обумовлені технологією виробничого процесу передачі електроенергії мережами та обліку її надходження і відпуску. Комерційні втрати є різницею між фактичними та розрахованими технологічними втратами.

У ідеальному випадку комерційні втрати електроенергії в електричній мережі, які визначаються розрахунковим шляхом, повинні дорівнювати

нулю. В реальних умовах різниця між надходженням електроенергії в мережу та корисним відпуском і технічними втратами не рівна нулю.

Комерційні втрати електроенергії можна розглядати як тривале явище, що виникає через похибки вимірювань відпущеної в мережу і корисно відпущеної електроенергії споживачам, недоліки енергозбутової діяльності, крадіжки електроенергії та заборгованість оплати за електроенергію.

Рисунок 2.1 - Структура технологічних втрат у розподільних мережах

Співробітники енергетичних компаній проводять роботу з встановлення сучасних приладів обліку в електричних мережах напругою 10–35–110 кВ. Проте через обмежений бюджет встановлення обліків застосовується лише в точках комерційного обліку.

В розподільних мережах та на об'єктах без обслуговуючого персоналу, які використовують підстанції, інформація про режим вимірюється лише протягом двох днів через контрольні погодинні записи для режиму з максимальним і мінімальним навантаженням. Це призводить до створення

графіків навантаження за 48 годин зі 8760 годин робочого часу. Очевидно, що ця інформація може бути обмежено достовірною через невеликий обсяг вибірки.

Одним із відомих методів визначення річних втрат електричної енергії в електричних мережах є метод максимальних втрат, який був запропонований та розроблений у працях В.А. Вєнікова, А.А. Глазунова, Г.Є. Поспєлова, Н.М. Сича та інших [12,13]. Цей метод базується на визначенні втрат потужності в режимі максимального навантаження.

2.2.1. Аналітичне дослідження режимних втрат електричних мереж

Навантажувальні втрати електроенергії в елементі трифазної мережі з опором визначають за наступною математичною формулою.:

$$\Delta W_H = 3R\int_0^T I^2(t)dt \approx 3R\Delta t\sum_{i=1}^{T\backslash\Delta t} I_i^2 \qquad (2.6)$$

де $I(t)$ – повний струм в елементі в момент часу t; R – активний опір елемента мережі, в якому визначаються втрати; Δt – інтервал часу між його вимірами, коли останні проводяться дискретно протягом рівних та досить коротких проміжків часу.

Втрати електроенергії у режимі холостого ходу визначаються за наступною формулою.:

$$\Delta W_X = \frac{\Delta P_X}{U_{ном}^2}\int_0^T U^2(t)dt \approx \frac{\Delta P_X}{U_{ном}^2}\Delta t\sum_{i=1}^{T/\Delta t} U_i^2 \qquad (2.7)$$

де ΔP_x - втрати потужності холостого ходу при номінальній напрузі, що наводяться в паспортних даних устаткування; U – напруга, під якою знаходиться елемент мережі.

При відомих значеннях параметрів R та ΔPX і функцій часу I(t) та U(t) на всьому інтервалі часу T можна здійснити точний розрахунок втрат електроенергії. Зазвичай параметри R та ΔPX є відомими і розглядаються як постійні в розрахунках. Однак слід враховувати, що опір провідника залежить від його температури.

$$R_t = R_{20}\left[1 + 0{,}004(\theta - 20)\right] \tag{2.8}$$

де R_{20} – опір при θ=20 °C, і при зміні θ у діапазоні від -20 до +90 °C Допустима температура нагрівання повітряних ліній, виражена у величині Rt, рухається в межах від 84% до 120% від R20. Запливи в похибках виникають внаслідок неточностей у введені довжини ліній, процесу старіння проводів і інших факторів. Для уточнення фактичних параметрів ліній слід провести експерименти холостого ходу та короткого замикання при виведенні ліній на ремонт. Зведені дані вказують на те, що фактичні значення активного опору та особливо активної провідності до землі (струми витоку) у деяких випадках відрізняються на 20-30% від використаних у розрахунках. Це вказує на суттєві похибки у визначенні втрат електроенергії внаслідок неточного представлення у розрахунках значення R, яке вважається відомим.

Слід відзначити, що у практичних розрахунках рідко можна точно вказати опір ліній для середньої температури протягом часу T через численні фактори, такі як струмове навантаження, температура повітря, сонячна радіація, швидкість вітру і інші.

Таким чином, для розрахунків часто використовують довідкові дані. Оскільки інформація про режимні параметри I(t) та U(t) доступна лише для контрольних днів, які реєструються годинно, а в більшості невідслужбованих

підстанцій ця інформація збирається лише тричі на контрольну добу, то ця інформація є неповною та обмежено достовірною. Така неповнота інформації змушує використовувати розрахункові методи, які базуються на певних припущеннях, що визначають очікуваний вплив відсутньої інформації на результати розрахунку.

2.3. Аналіз електроенергетичного балансу промислового району

Аналітичні вирази, які були представлені у розділах вище, дозволяють точніше визначати втрати електричної енергії, користуючись відомими графіками навантажень, робочим часом споживачів та щомісячним споживанням електроенергії.

З урахуванням того, що дані про споживання енергії, коефіцієнт форми та напругу на головній дільниці можна легко отримати з системи енергетичного контролю, інші промислові об'єкти не завжди володіють інформацією про графіки навантаження. У таких випадках точність розрахунків залежить від того, наскільки точно визначено еквівалентний опір мережі та ефективна кількість електроспоживачів.

Додатково, ефективне число електроспоживачів можна використовувати для приблизної оцінки коефіцієнтів форми (Кфі), коли немає інформації щодо їх графіків навантаження.

Попередній аналіз енергетичного стану об'єкта, його характер і особливості виробництва, змінність роботи обладнання та енергетичні характеристики надають чітке уявлення про виробничий процес і конкретні агрегати. Порівняння енергетичних показників з плановими або з кращим досвідом дозволяє оцінити потенціал енергозбереження. Для отримання інформації щодо обсягів електроспоживання та електропостачання будемо визначати електричні навантаження споживачів промислового району.

Для визначення розрахункових електричних навантажень електроприймачів виконується у відповідності з методом “Упорядкованих діаграм”.

При визначенні електричних навантажень в мережах напругою до 1000 В використаний наступний порядок розрахунків приведений [18].

Для утворення балансу визначимо ключові параметри електроспоживання підприємств промислового району, які висвітлені в таблиці 2.1 у характеристиці об'єктів даного району.

Методика розрахунку втрат в елементах системи електропостачання передбачає використання таких принципів.

1. Трансформатори ТП та ГЗП.

Витрати електроенергії в трансформаторах визначаються за відповідними формулами:

$$\Delta W_{\text{тр}} = \Delta W_{\text{тр хх}} + \Delta W_{\text{тр кз}} = n\Delta P_{\text{хх}} t_{\text{вкл}} + n\Delta P_{\text{кз}} K_{\text{з}}^{2}\tau, \qquad (2.3)$$

$$\Delta V_{\text{тр}} = \Delta V_{\text{тр хх}} + \Delta V_{\text{тр кз}} = n\Delta Q_{\text{хх}} t_{\text{вкл}} + n\Delta Q_{\text{кз}} K_{\text{з}}^{2}\tau, \qquad (2.4)$$

де n − число трансформаторі ТП або ГЗП; τ- число годин максимальних втрат на рік; $t_{\text{вкл}}$ − число годин роботи трансформатора на рік (приймається 8760 год.).

2. Кабельна лінія.

Для розрахунку втрат необхідно визначити параметри схеми заміщення кабельної лінії (КЛ).

Активний опір КЛ, Ом:

$$R_{\text{кл}} = r_0 l, \qquad (2.5)$$

Індуктивний опір КЛ, Ом:

$$X_{\text{кл}} = x_0 l\,, \tag{2.6}$$

Реактивна потужність, що генерується КЛ, квар:

$$Q_{\text{клген}} = q_0 l\,, \tag{2.7}$$

де r_0, x_0, q_0 − погонні параметри КЛ.

Втрати електроенергії в КЛ та генерація реактивної потужності в КЛ визначаються за формулами:

$$\Delta W_{\text{кл}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} R_{\text{кл}} \tau \cdot 10^{-3}, \tag{2.8}$$

$$\Delta V_{\text{кл}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} X_{\text{кл}} \tau \cdot 10^{-3}, \tag{2.8}$$

$$\Delta V_{\text{клген}} = Q_{\text{клген}} t_{\text{вкл}}\,, \tag{2.9}$$

де P, Q − відповідно активні та реактивні потужності, що протікають через кабельні лінії, визначаються відповідно до зазначеної топології електропостачальної схеми та заданого розрахункового навантаження., кВт та квар; $U_{\text{н}}$ − номінальна напруга, кВ; $R_{\text{кл}}$ − активний опір кабельної лінії, Ом; $X_{\text{кл}}$ − індуктивний опір кабельної лінії, Ом;

Отримані дані про втрати електроенергії в трансформаторах ТП та кабельних лініях представлені у таблицях 2.2-2.4.

Таблиця 2.1 Характеристика об’єктів промислового району

№ ТП	Pp, кВт	Qp, кВар	Sp, кВА	Кількість та потужність трансформаторів, кВА	Кз	Місце розташування ТП
ТП-1	779,0	696,0	1044,7	2х630	0,70	Райавтодор
ТП-2	438,9	355,8	565,0	1х630	0,70	Рудоуправління кар’єру №3
ТП-3	741,4	546,5	921,0	2х630	0,70	Агропромфірма «Лідер»
ТП-4	527,8	514,4	737,0	1х630	0,84	Зернотік ПП «Дружба
ТП-5	772,1	615,3	987,3	2х630	0,75	Агрофірма ПП «Красюк»

Таблиця 2.2. Втрати в трансформаторах промислового району

№ з/п	Тип тр-ра	$S_р$, кВА	$n_{тр}$, шт.	$K_з$	$\Delta W_{тр.хх}$, кВт·год	$\Delta W_{тр.кз}$, кВт·год	$\Delta V_{тр.хх}$, квар·год	$\Delta V_{тр.кз}$, квар·год
1.	ТМ-630	1044,7	2	0,83	39770	25751	220752	117404
2.	ТМ-630	565	1	0,90	19885	15064	110376	68679
3.	ТМ-630	921	2	0,73	39770	20013	220752	91247
4.	ТМ-630	737	1	1,17	19885	25631	110376	116860
5.	ТМ-630	987,3	2	0,78	39770	22999	220752	104858
Всього:					159082	109460	883008	499052

Таблиця 2.3. Параметри схеми заміщення кабельних ліній промислового району

№ з/п	Тип кабелю	$n_{кл}$, шт.	l, км	$R_{кл}$, Ом	$X_{кл}$, Ом	$Q_{кл}$, квар
КЛ1,2	ААШв-10(3×35)	2	3	1,335	0,143	64,200
КЛ3	ААШв-10(3×35)	1	2,7	2,403	0,257	28,890
КЛ4,5	ААШв-10(3×35)	2	2,3	1,024	0,109	49,220
КЛ6	ААШв-10(3×35)	1	3,6	3,204	0,342	38,520
КЛ7,8	ААШв-10(3×35)	2	3	1,335	0,143	64,200

Таблиця 2.4. Результати розрахунку втрат електроенергії в кабельних лініях промислового району

№ з/п	P, кВт	Q, квар	$\Delta W_{кл}$, кВт·год	$\Delta V_{кл}$, квар·год	$\Delta V_{кл.ген}$, квар·год
КЛ1,2	779	696	35902,07	3832,24	562392,00
КЛ3	438,9	355,8	18904,46	2017,89	253076,40
КЛ4,5	741,4	546,5	21397,70	2284,02	431167,20
КЛ6	527,8	514,4	42889,17	4578,06	337435,20
КЛ7,8	772,1	615,3	32068,45	3423,04	562392,00
Всього			151161,80	16135,30	2146462,80

Для створення карти потоків електроенергії промислового району необхідно мати інформацію про споживання електроенергії його окремими підрозділами. Річне споживання електроенергії заводом або його підрозділом можна розрахувати за формулою (2.4).

Дані про річне споживання активної та реактивної електричної енергії підприємствами промислового району представлені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Річне споживання активної та реактивної електричної енергії підприємствами ПР

№ з/п	Назва підрозділу	$P_р$, кВт	$Q_р$, квар	W, кВт·год	V, квар·год	W, %	V, %
1.	Райавтодор	779	696	3165856	2828544	31,3	32,9
2.	Рудоуправління кар'єру №3	438,9	355,8	1783689,6	1445971,2	17,7	16,8
3.	Агропромфірма «Лідер»	741,4	546,5	3013049,6	2220976	29,8	25,9
4.	Зернотік ПП «Дружба	527,8	514,4	2144979,2	2090521,6	21,2	24,4
5.	Агрофірма ПП «Красюк»	772,1	615,3	3137814,4	2500579,2	31	29,1
Всього						100	100

Мапа потоків електричної енергії наведена на рисунку 2.5.

Кругові діаграми споживання активної та реактивної електричної енергії підрозділами підприємства подані на рисунках 2.2 та 2.3 відповідно.

Для вирахувння фактичного балансу споживання електроенергії потрібно скористатися інформацією з таблиць 2.1-2.5.

Кругові діаграми фактичного балансу активної та реактивної електричної енергії представлені на рисунках 2.6 і 2.9 відповідно.

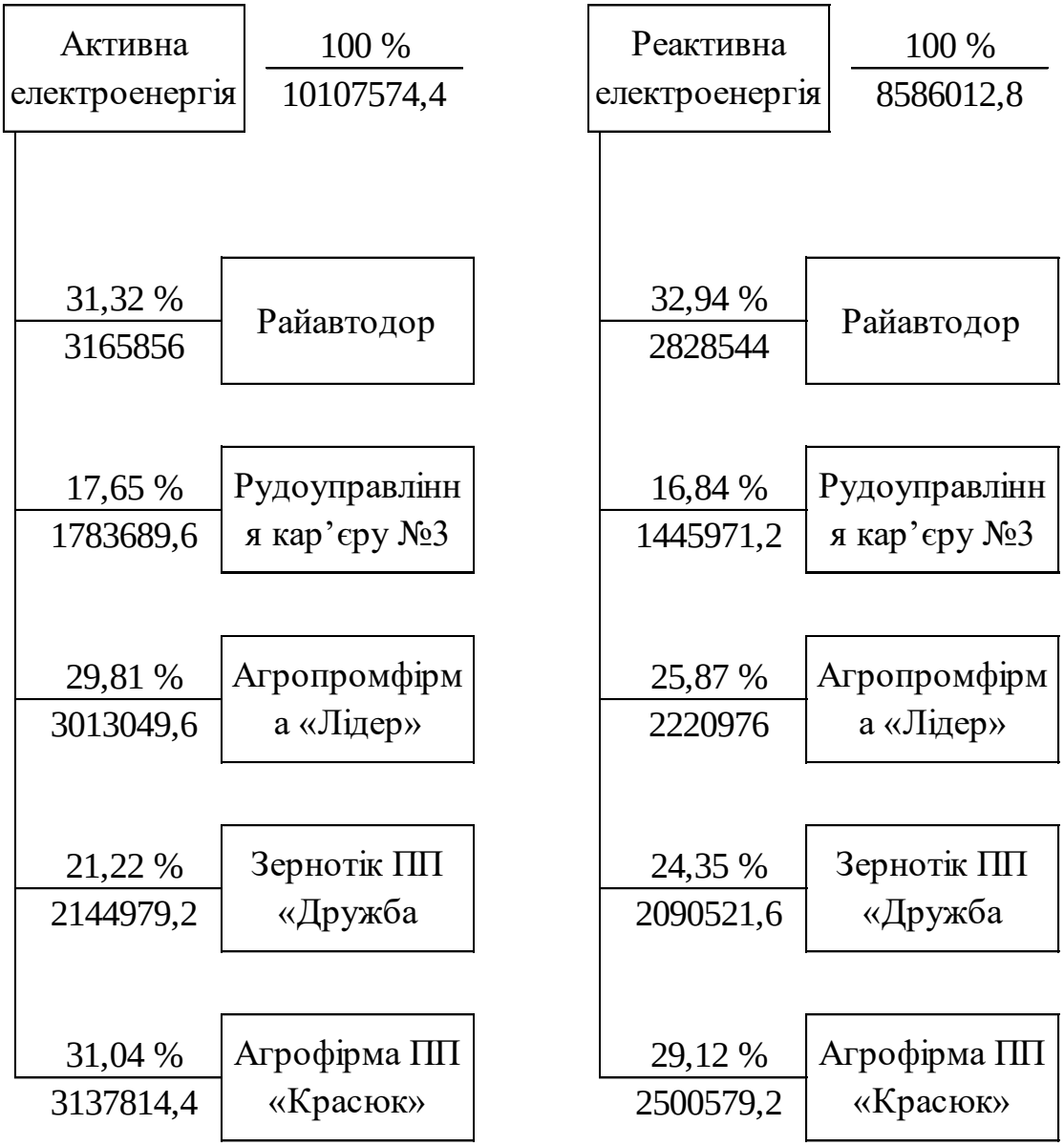


Рис.2.5. Мапа потоків електричної енергії промислового району

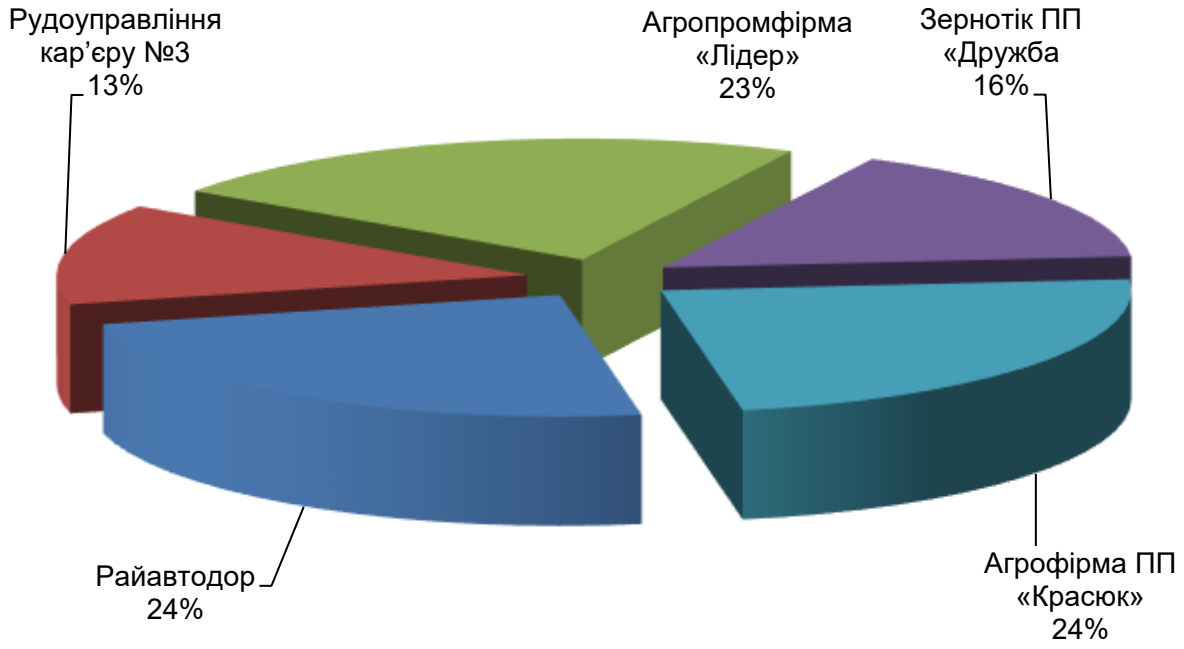


Рис. 2.6. Колова діаграма споживання активної електроенергії підрозділами промислового району

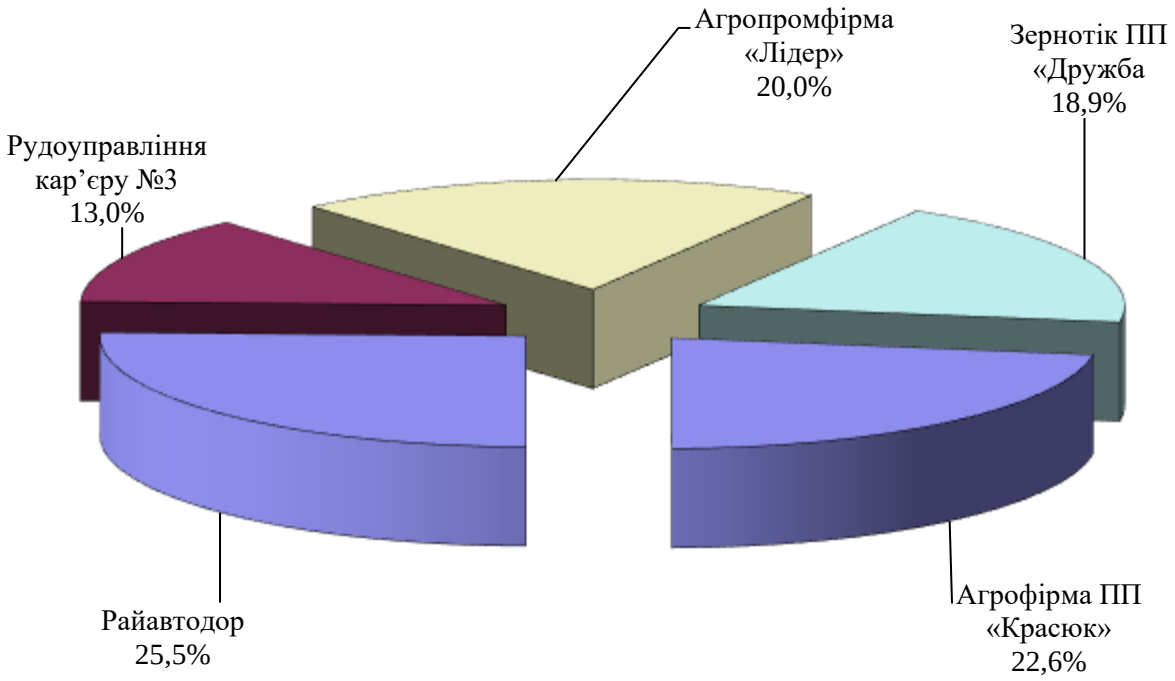


Рис. 2.7. Колова діаграма споживання реактивної електроенергії підрозділами промислового району

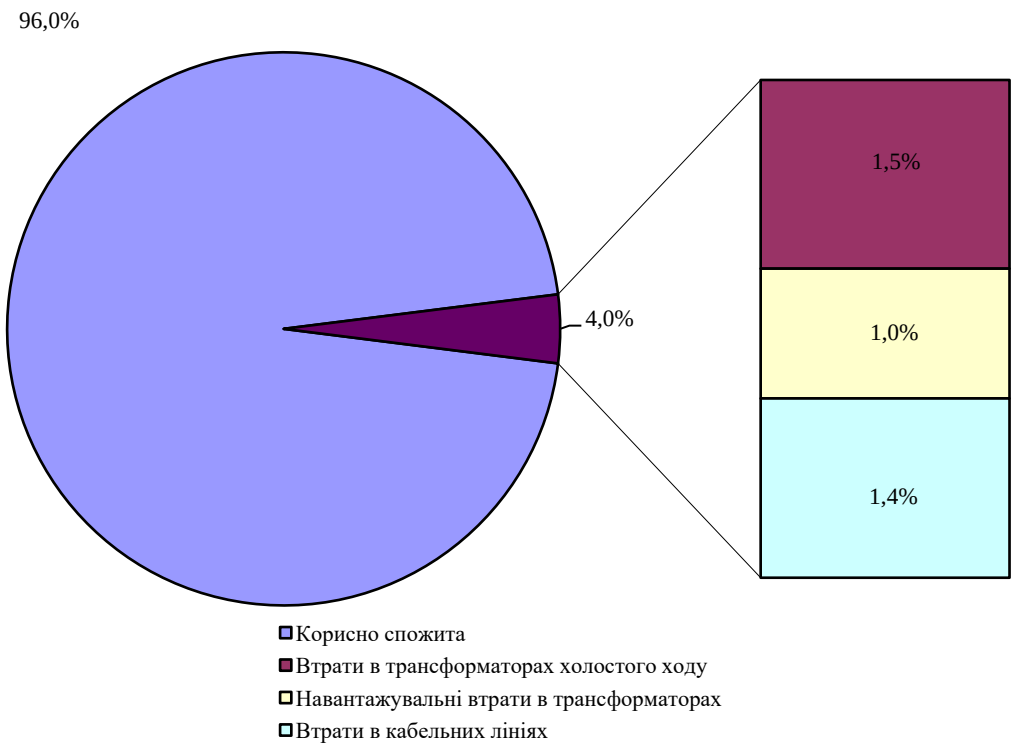


Рис. 2.8. Баланс споживання активної енергії промислового району

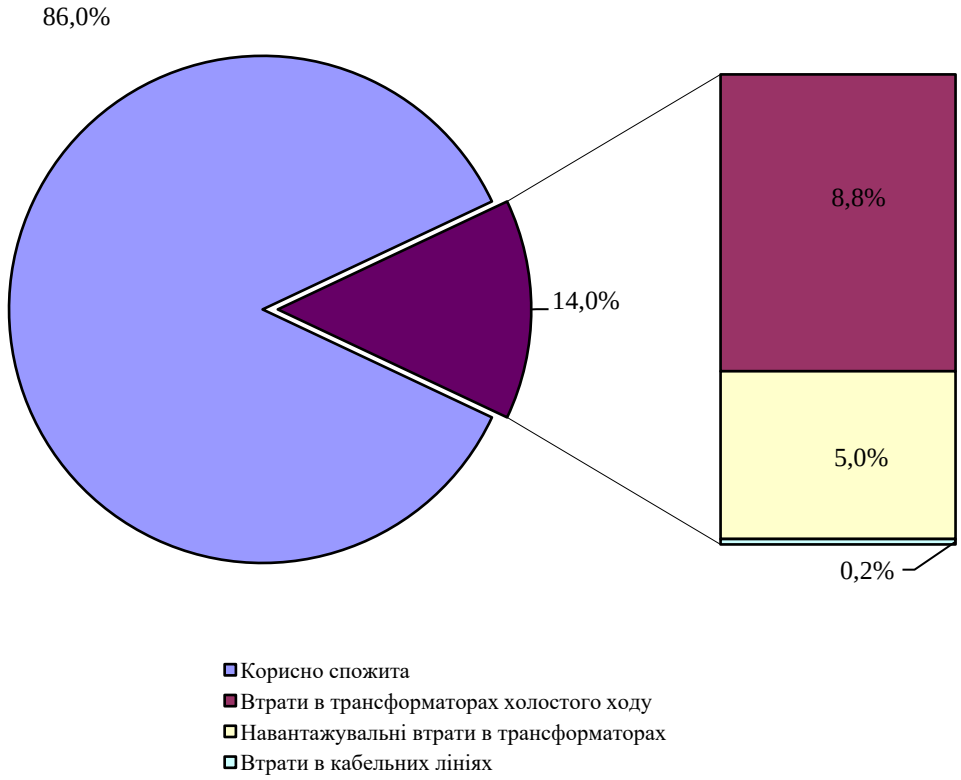


Рис. 2.9. Баланс споживання реактивної енергії промислового району

Висновки до розділу

При проведенні оцінки економічної ефективності заходів з енергозбереження зміни втрат електричної енергії визначаються для системи електропостачання в цілому, без розрахунку частки втрат, що припадає на окремих споживачів. Це ускладнює адекватну оцінку запланованих заходів.

Розрахунок втрат в електричних мережах за допомогою оцінки максимальних втрат у час використання максимальної потужності, хоча і є одним з методів, проте не завжди рекомендованим для точного визначення втрат через зміну характеру навантажень у розподільних мережах останніх років. Перспективним визнається використання нормативів споживання електроенергії для визначення втрат, але наразі точність еквівалентування мереж та достовірність добових графіків електроспоживання залишаються низькими, що призводить до значної похибки в розрахунках.

Оптимальний ступінь компенсації збільшується зі зростанням втрат у електричних мережах промислового району та промислових підприємств. Проте витрати по компенсації реактивної потужності несуть промислові підприємства, тоді як зменшення втрат відбувається в мережах промислового району, які не беруть участь в компенсації реактивної потужності.

Теоретичне дослідження балансу споживання електричної енергії промислового району показало, що в максимальному режимі частка втрат становить 15%, з яких 13,8% припадають на реактивні втрати в трансформаторах, а лише 0,2% - в електричних мережах.

Для вирішення цієї задачі необхідно провести моделювання економічної ефективності заходів щодо зменшення втрат електроенергії, які базуються на розподілі витрат між споживачами, враховуючи електричну віддаленість споживачів та ступінь нерівномірності їх графіків навантажень..

3. ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

3.1. Загальна характеристика системи енергетичного контролю промислового району

Система моніторингу енергетики промислового району базується на системах автоматизованого збору та обробки енергетичної інформації, що входять у структуру більш високорівневих систем автоматизованого контролю енергозабезпечення. У даному випадку взаємодія між інформаційними системами реалізується як на рівні прямого доступу до приладів обліку (до підсистем нижчого рівня), так і за допомогою взаємодії баз даних за допомогою інтерфейсів SQL/ODBC і DDE або через електронну пошту.

Верхній рівень системи є локальною обчислювальною мережею, яка включає сервер бази даних, комунікаційний сервер із засобами зв'язку, автоматизовані робочі місця для адміністративного і технічного персоналу. Залежно від масштабу об'єкта контролю, обладнання верхнього рівня може бути представлене однією ПЕК IBM PC, яка виконує всі вказані функції, або великомасштабною розподіленою обчислювальною системою, що включає сервери і десятки автоматизованих робочих місць. Система також може інтегруватися з прилеглими системами (системою розрахунку із споживачами, системою диспетчерського управління розробки тощо), що виступають клієнтами бази даних системи та взаємодіють з нею через інтерфейс SQL/ODBC.

Обладнання нижчого рівня забезпечує моніторинг параметрів споживання електроенергії та їх передачу на верхній рівень системи. Це обладнання автоматично працює і не потребує втручання технічного

персоналу. Основними системами нижчого рівня є наявні інтелектуальні електронні лічильники електроенергії, що з'єднані в локальну мережу. Також можливо використання різних пристроїв обліку та лічильників зі стандартними інтерфейсами.

Верхні підсистеми розбудовуються на основі місцевих обчислювальних мереж підприємств, використовуючи виокремлені лінії зв'язку в якості каналів зв'язку між системами різних рівнів підприємства. Для взаємодії між підсистемами АСКОЕ на нижньому та верхньому рівнях використовуються протоколи пристроїв обліку та електронних лічильників.

Автоматизована інформаційно-вимірювальна система (АІВС) обліку електроенергії, побудована на базі лічильників "Меркурій", здатна ефективно вирішувати завдання обліку електроенергії для електричних мереж промислового підприємства. Це програмне забезпечення дозволяє опитувати необмежену кількість лічильників як у ручному, так і в автоматизованому режимах.

Усі лічильники або давачі, призначені для технічного та комерційного моніторингу, використовують цифрові канали зв'язку для передачі інформації про спожиті енергоресурси, такі як витрата води, пари, електроенергії та природного газу, на сервер локального рівня. Цей сервер, розташований на підприємстві, відповідає за збір та обробку інформації про спожиту електроенергію. Він має зв'язок у межах локальної мережі з відділом ПТО та головним енергетиком і може передавати інформацію через GSM-модем за відповідними запитами. Оскільки довжина ліній зв'язку не перевищує 300 метрів, то встановлення модемів для передачі даних не є необхідним.

3.2. Обґрунтування систем комерційного та технічного обліку і контролю систем енергопостачання

Комерційний облік електроенергії визначається як система обліку виробленої та постаченої споживачам електроенергії з метою фінансового розрахунку. Лічильники, призначені для проведення комерційного обліку, отримують назву лічильників комерційного обліку.

Лічильники для розрахунку електропостачальної організації з споживачем електроенергії, зазвичай встановлюються на межі розподільчої мережі (відповідно до балансової належності) між електропостачальною організацією та споживачем. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), лічильники реактивної енергії повинні бути встановлені на тих самих елементах схеми, де розташовані лічильники активної енергії.

Технічний облік електроенергії визначається як система обліку для контролю витрат електроенергії всередині підприємства та приміщень. Лічильники, які використовуються для технічного обліку, отримують назву лічильників технічного обліку. На підприємстві слід передбачити технічну можливість встановлення лічильників технічного обліку для контролю витрат електроенергії окремими цехами, технологічними лініями та енергоємними агрегатами з метою визначення витрати електроенергії на одиницю продукції.

Якщо підприємство розраховується з електропостачальною організацією через два чи більше пунктів обліку, на ньому рекомендується встановлювати автоматизовану систему обліку електроенергії. Розташування підприємств у промисловому районі показане на рисунку 3.1.

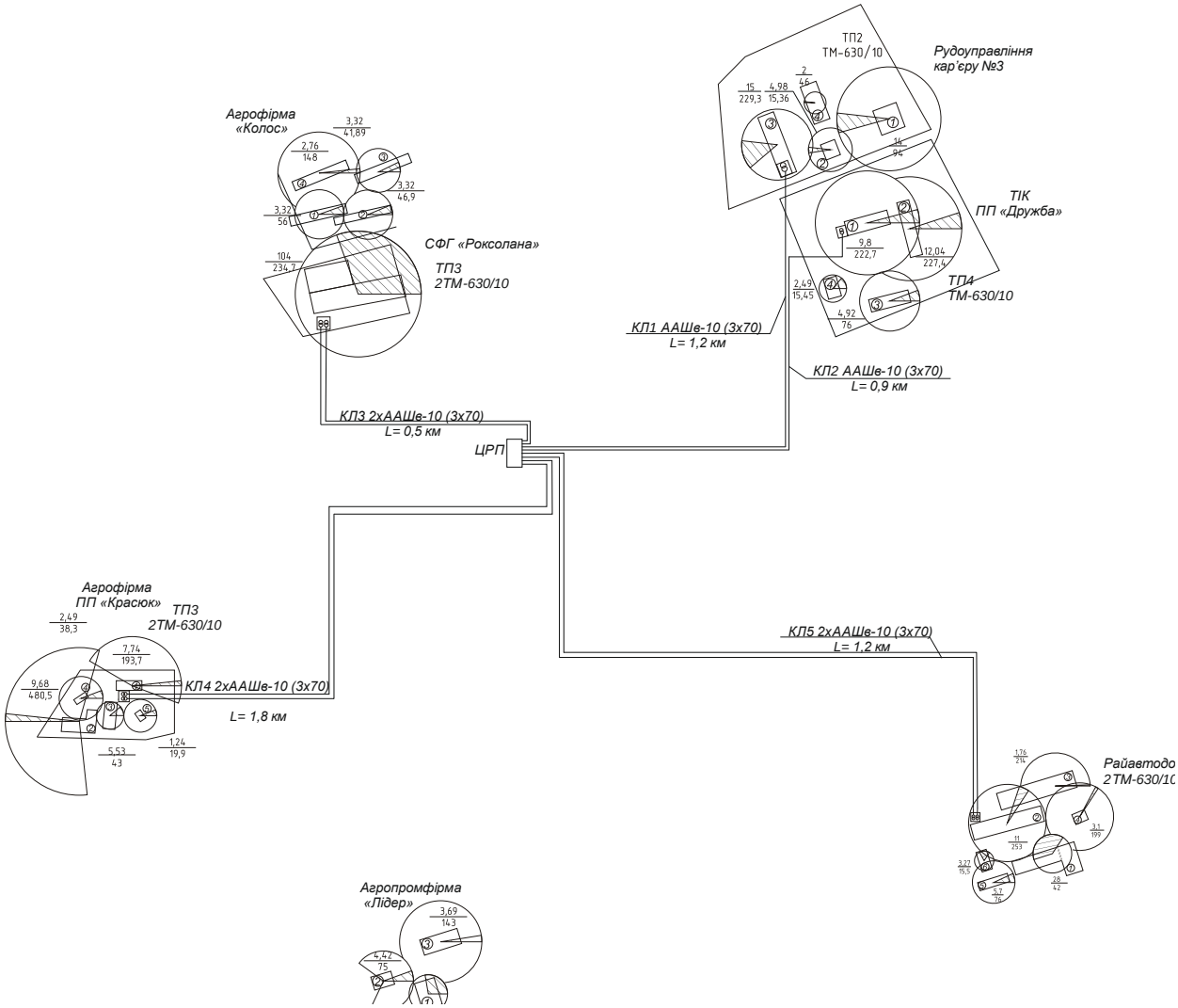


Рисунок 3.1. - Схема розміщення підприємств промислового району

Електрична енергія для підприємств промислового району подається з центрального розподільчого пункту (ЦРП). В ЦРП визначені дві межі балансової належності між енергетичними мережами компанії-постачальника, агропромисловими підприємствами та мережами промислового району.

Схема організації обліку електричної енергії промислового району наведена на рис. 3.2.

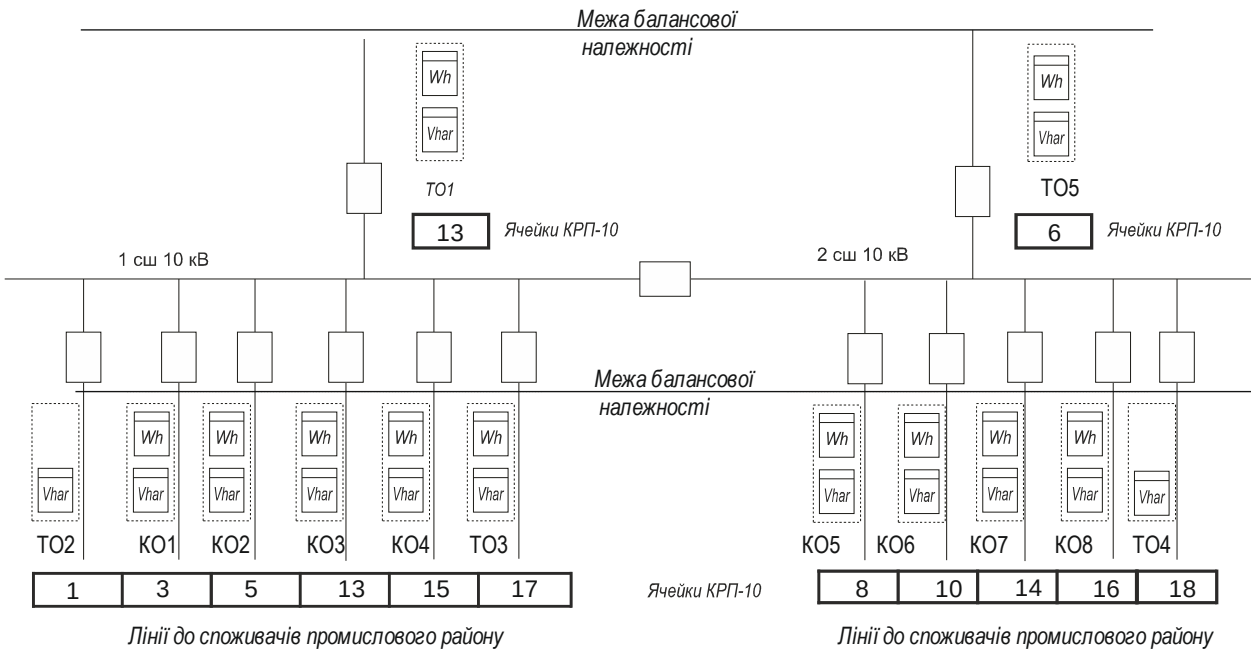


Рис. 3.2. Схема організації обліку електричної енергії промислового району

На входах ЦРП та приєднаних фідерах до споживачів встановлені універсальні лічильники Меркурій, що виконують різноманітні функції. Облік споживаної електроенергії у промисловому районі проводиться на 0,4 кВ рівні, тож розрахунок втрат електроенергії в трансформаторах та лініях здійснюється шляхом розрахунків. Такий спосіб контролю та обліку не забезпечує можливість точної оцінки втрат в електричних мережах промислового району та визначення впливу конкретного споживача на загальний рівень втрат.

Облік реактивної енергії на 0,4 кВ рівні відсутній у споживачів промислового району. Для підвищення енергоефективності системи АСКОЕ пропонується впровадження модернізації системи енергетичного контролю промислового району.

Лічильники розроблені для використання в автоматизованих системах збору даних для моніторингу споживаної електроенергії. Активна та повна споживана потужність в кожному вузлі напруги лічильника при номінальній напрузі, стандартній температурі і номінальній частоті не

перевищують 2 Вт та 10 ВА відповідно. Повна потужність, яку споживає кожна фаза струму лічильника при номінальному струмі, стандартній частоті і нормальній температурі, не перевищує 0,1 ВА.

3.3. Характеристика системи енергетичного контролю промислового району

Система моніторингу енергетики промислового району складається із двох рівнів. Перший рівень включає трансформатори струму та напруги, лічильники для комерційного та технічного обліку, а також пристрій збору та передачі даних Меркурій 225(250). До верхнього рівня входять комунікаційний сервер, сервер бази даних та авторизовані робочі місця персоналу, яке управляє енергетичними мережами промислового району.

Як інтегровану систему обліку та моніторингу електроенергії, використовуємо систему "Меркурій-Энергоучет". Концентратор "Меркурій-225" є ключовим компонентом системи обліку, приймає, обробляє та зберігає інформаційні пакети від лічильників на рівні 0,4 кВ.

У системі роль концентратора "Меркурій-225" полягає в прийманні та тимчасовому зберіганні інформаційних пакетів, що надходять через фазні проводи силової мережі від лічильників. Для зберігання цих пакетів використовується пристрій незалежної пам'яті на платі центрального процесора. Обмін даними між концентратором та персональним комп'ютером (ПК) або промисловим контролером відбувається у пакетному режимі з використанням сценарію "ЗАПИТ-ВІДПОВІДЬ", де запити надсилаються лише з боку ПК, а відповіді - лише з боку концентратора. Формат обміну - послідовний.

Взаємодія з лічильниками може здійснюватися через інтерфейси зв'язку, такі як RS-485, CAN, IRDA, GSM-модем або PLC-модем. Схема організації інформації в системі контролю енергії подана на рис. 3.3.

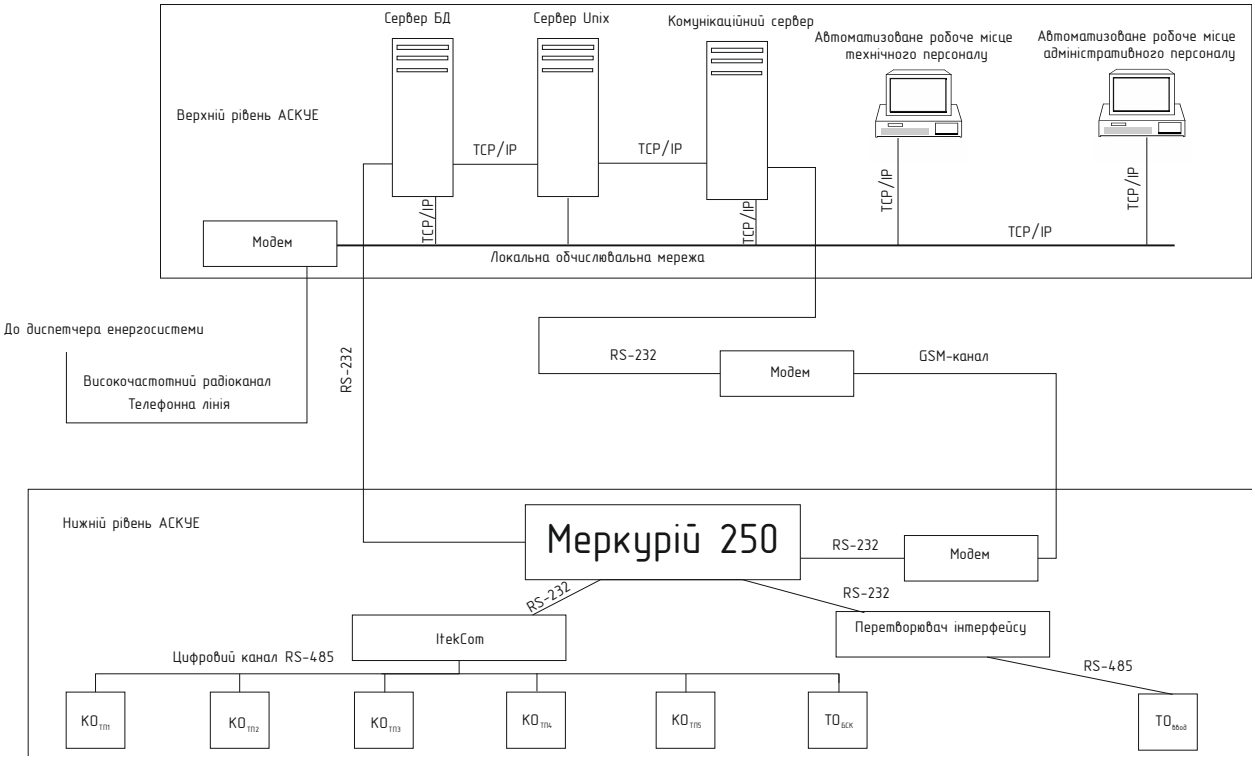


Рис.3.7. Схема організації інформації в системі енергетичного контролю

Таблиця 3.1. Перелік приладів для організації обліку

№ п/п	Назва компонента АСКОЕ	Кількість	Клас точності	Призначення
1	Концентратор «Меркурій 250»	1	0,2	ПЗПД
2	Лічильник «Меркурій -230ART2-00-PQCN»	3	0,5 (1,0)	КО: -P,-Q,+P,+Q
3	Лічильник «Меркурій -230R-00-PQCN»	2	1,0	ТО:-Q
4	Лічильник «Меркурій -230ART-00-QCN»	8	0,5 (1,0)	ТО:-P,-Q
5	Лічильник «Меркурій -230ART-01-QCN»	8	1,0	ТО:-P,-Q
6	GSM-шлюз «Меркурій 228»	1	-	зв’язок з ПК
7	Концентратор «Меркурій 225»	1	0,2	ПЗПД
8	GSM-термінал диспетчерського пункту	1	-	передача
9	Трансформатор струму ТЛК-10	22	0,5	перетворення I
10	Трансформатор струму ТШЛ-0,66	24	0,5	перетворення I
11	Трансформатор напруги НАМИ-10	2	0,5	перетворення U

Для визначення похибки вимірювального каналу КО1, який реєструє надходження енергії на об'єкт, виконуємо розрахунок. Значення похибки для інших вимірювальних каналів представлені в таблицях 3.2.

Через вимірювальний канал КО1 пропускається навантаження з потужністю P = 3110,9 кВт та реактивною потужністю Q = 39 кВАр. На точці приєднання встановлений трансформатор струму з первинним номінальним струмом I_n = 100 А.

Визначаємо систематичну похибку ΔI та випадкову похибку δI в залежності від коефіцієнта завантаження трансформатора струму. З врахуванням попередніх розрахунків, значення коефіцієнта kз складає 0,6 А.

$$\Delta_I = -1{,}0625+1{,}5625 \cdot k_з = -1{,}0625+1{,}5625 \cdot 0{,}59 = -0{,}142$$

$$\delta_I = \pm(1{,}0 - 1{,}25 \cdot k_з) = (0{,}8125-0{,}3125 \cdot 0{,}59) = 0{,}628$$

Для визначення систематичної похибки ΔU та випадкової похибки δU в залежності від коефіцієнта завантаження трансформатора напруги використовуємо наступний розрахунок.

$$\Delta_U = 0{,}5 - k_{3U} = 0{,}5 - 0{,}38 = 0{,}12$$

$$\delta_U = - 0{,}73 \cdot k_{3U} + 0{,}35 = - 0{,}73 \cdot 0{,}38 + 0{,}35 = 0{,}0764$$

Додаткова систематична похибка обумовлена впливом кутової похибки трансформатора струму (ТС) та трансформатора напруги (ТН). Співвідношення систематичних складових кутових похибок ТС та ТН визначається наступним чином:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_U - \Delta\theta_I \; 2{,}4 - (4{,}26) = -1{,}86$$

$$\Delta\theta_U = \Delta_U \cdot 20 \text{ хв} = 0{,}12 \cdot 20 \text{ хв.} = 2{,}4 \text{ хв.}$$

$$\Delta\theta_I = \Delta_I \cdot 30 \text{ хв} = 0{,}142 \cdot 30 \text{ хв} = 4{,}26 \text{ хв.}$$

$$\Delta_\theta = 0{,}0291 \cdot \Delta\theta \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi} = 0{,}0291 \cdot (-1{,}86) \cdot (1\sqrt{-1})/1 = 0$$

Додаткова випадкова похибка виникає внаслідок впливу кутової похибки трансформатора струму (ТС) та трансформатора напруги (ТН). Співвідношення випадкових складових кутових похибок ТС та ТН визначається наступним чином:

$$\delta\theta_U = \delta_U \cdot 20 \text{ хв} = 0{,}0764 \cdot 20 \text{ хв.} = 1{,}53 \text{ хв.}$$

$$\delta\theta_I = \delta_I \cdot 30 \text{ хв} = 0{,}628 \cdot 30 \text{ хв} = 18{,}84 \text{ хв.}$$

$$\delta_\theta = 0{,}018\sqrt{\delta\theta_U^2 + \delta\theta_I^2} = 0{,}018\sqrt{1{,}53^2 + 37{,}68^2} = 0{,}679$$

Похибки, обумовлені втратою напруги у вторинному ланцюзі ТН:

$$\Delta_{U2} = -0{,}5 \cdot KT = -0{,}5 \cdot KT = -0{,}125; \ \delta_{U2} = -0{,}125$$

Для лічильників електронного типу систематичну та випадкову похибки можна приблизно прийняти на рівні: Δлч = 0,005; δЛЧ = КТ = 0,005

Систематичну похибку обліку електроенергії для об'єкта, на якому фіксується купівля в 2 ВК, а продаж – по 10 ВК. Результати розрахунку похибки по вимірювальним каналам приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.7. Результуючі похибки вимірювального каналу

№ ВК	Систематична, %					$\Delta_{ВК}$	Випадкова, %					$\delta_{ВК}$
	Δ_I	Δ_U	Δ_θ	Δ_{U2}	$\Delta_{лч}$		δ_I	δ_U	δ_θ	δ_{U2}	$\delta_{ЛЧ}$	
КО1	-0,14	0,12	0	-0,13	0,005	-0,14	0,028	0,08	0,679	-0,13	0,5	0,35
КО1	0,288	0,12	0,00	-0,25	-0,5	-0,59	1,083	0,076	0,782	-0,25	0,5	0,52
КО2	0,318	0,12	0,26	-0,25	-0,5	-0,31	1,089	0,076	0,786	-0,25	0,5	0,52
КО3	0,132	0,12	0,20	-0,25	-0,5	-0,55	1,051	0,076	0,759	-0,25	0,5	0,49
КО4	0,197	0,12	0,01	-0,25	-0,5	-0,68	1,064	0,076	0,768	-0,25	0,5	0,50
КО5	0,294	0,12	0,17	-0,25	-0,5	-0,42	1,084	0,076	0,782	-0,25	0,5	0,52

Аналіз таблиці 3.2 показав, що систематичні та випадкові похибки вимірювальних каналів не перевищують допустимі похибки для своїх класів точності 0,5.

Висновки до розділу

Під час виконання дослідження були розглянуті системи енергетичного контролю та обліку, а також аспекти маркетингу електроенергії. Проведено порівняльний аналіз різних тарифних систем.

Визначено основні фактори, які впливають на втрати електроенергії в системі електропостачання промислового району, і розроблені баланси активної та реактивної енергії.

4. МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

4.1. Визначення числових характеристик навантаження для обчислення втрат електроенергії

У розглянутих методах розрахунку втрат використовуються різні методи числової обробки даних. Інтегрування неперервного графіка навантаження здійснюється за допомогою прийомів дискретної обробки, що дозволяє визначити всі залежні величини.

Наприклад, середньоквадратичне значення струму визначається за наступною формулою:

$$I_{с.кв.} = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} I_i^2 \Delta t_i}$$

Параметри τ і $k_з$, що відображають форму графіка навантаження, були розраховані, як описано вище. Зазначимо, що кількість годин максимальних втрат обчислюється за такою формулою:

$$\tau = k_з^2 k_ф^2 T$$

Коефіцієнт kз – це показник заповнення графіка, який відображає відносну кількість годин використання максимального навантаження.

Для визначення втрат електроенергії достатньо знати один з параметрів τ і $k_з$. Інший можна обчислити з попереднього рівняння взаємозв'язку. Зазвичай першочергово визначають kф:

якщо $\lambda < 1$, то $k_ф^2 = \left(\frac{0,124}{k_з} + 0,876\right)^2$;

якщо $\lambda \geq 1$, то $k_ф^2 = 1 + \frac{(1 - k_з)(k_з - k_{min})^2}{(1 + k_з - 2k_{min})k_з^2}$

де $\lambda = \frac{k_з - k_{min}}{1 - k_з}$, $k_{min} = P_{min} / P_{max}$.

.

Отже, для розрахунку втрат електроенергії протягом звітного періоду Т потрібна інформація про мінімальне та максимальне навантаження мережі, а також обсяг відпущеної (спожитої) електроенергії протягом цього самого періоду.

4.2. Дослідження втрат потужності та електроенергії в розподільних мережах

Для проведення дослідження втрат електроенергії в розподільчих мережах промислової зони необхідно передбачити попередню підготовку даних.

Для визначення втрат у електричних мережах ми розглянемо розрахункову схему у вигляді графа, на якому визначимо параметри елементів мережі та присвоїмо порядкові номери вузлам схеми.

На рис. 4.1 наведено розрахункову схему промислового району. Сформуємо стек вихідних даних для визначення втрат електроенергії за допомогою програми ВТРАТИ-10/0.4 та розробимо вузлову схему, яка представлена на рис. 4.2.

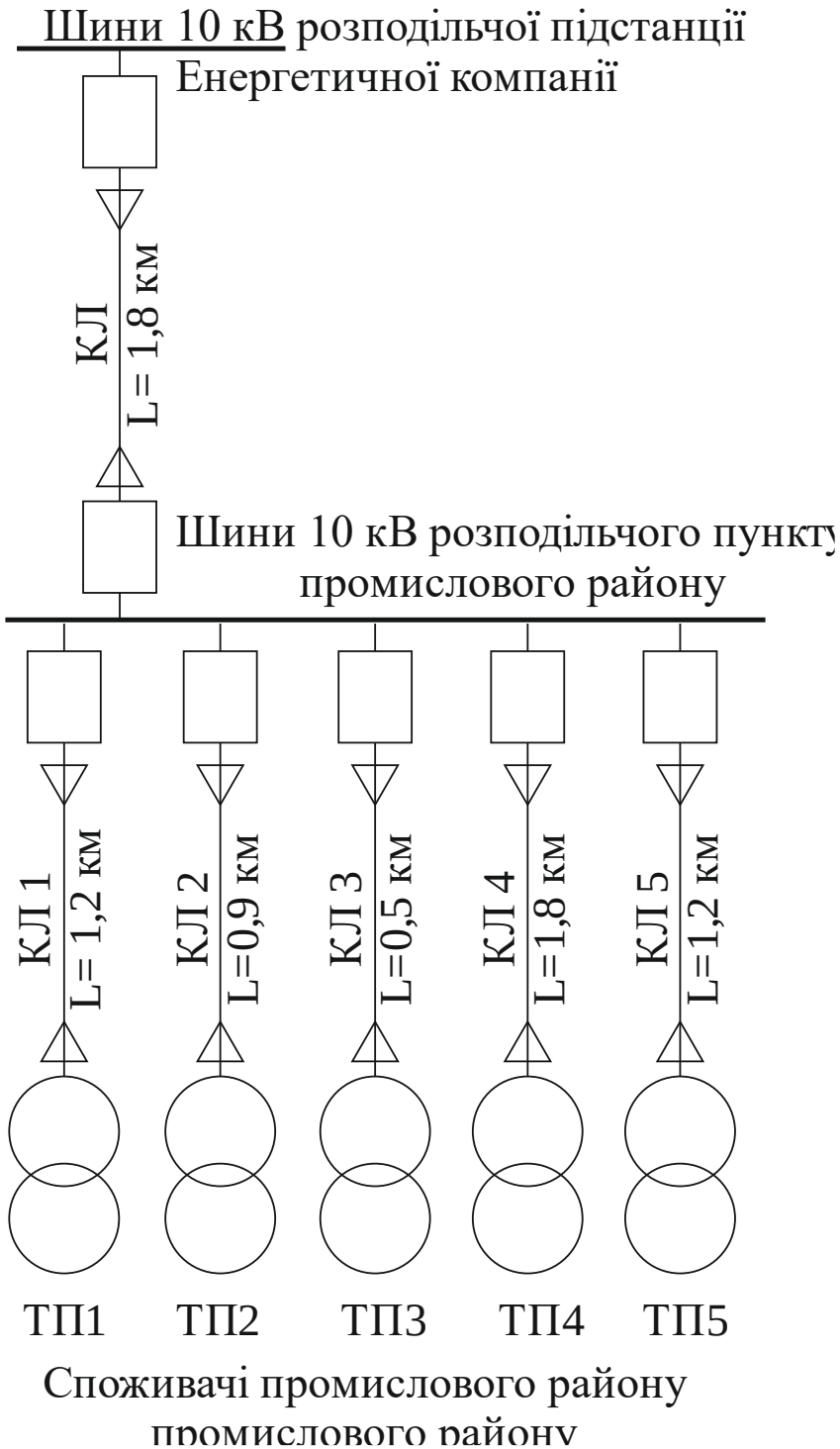


Рис. 4.1. Розрахункова схема електропостачання промислового району

Вихідні дані для моделювання представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Вихідні дані для моделювання

№ вузла	Тип вузла	Параметри гілки, що підключена до вузла			
		повітряні (кабельні) лінії	$l_л$	трансформатори	$K_з$
100	Системний	ААШв-10 (3х95)	1,8	-	-
101	Балансуючий	-	-	-	-
102	Розподільчий	ААШв-10 (3х35)	1,2	ТМН-630/10	0,70
103	Розподільчий	ААШв-10 (3х35)	0,9	ТМН-630/10	0,70
104	Розподільчий	ААШв-10 (3х35)	0,5	ТМН-630/10	0,70
105	Розподільчий	ААШв-10 (3х35)	1,8	ТМН-630/10	0,84
106	Розподільчий	ААШв-10 (3х35)	1,2	ТМН-630/10	0,75

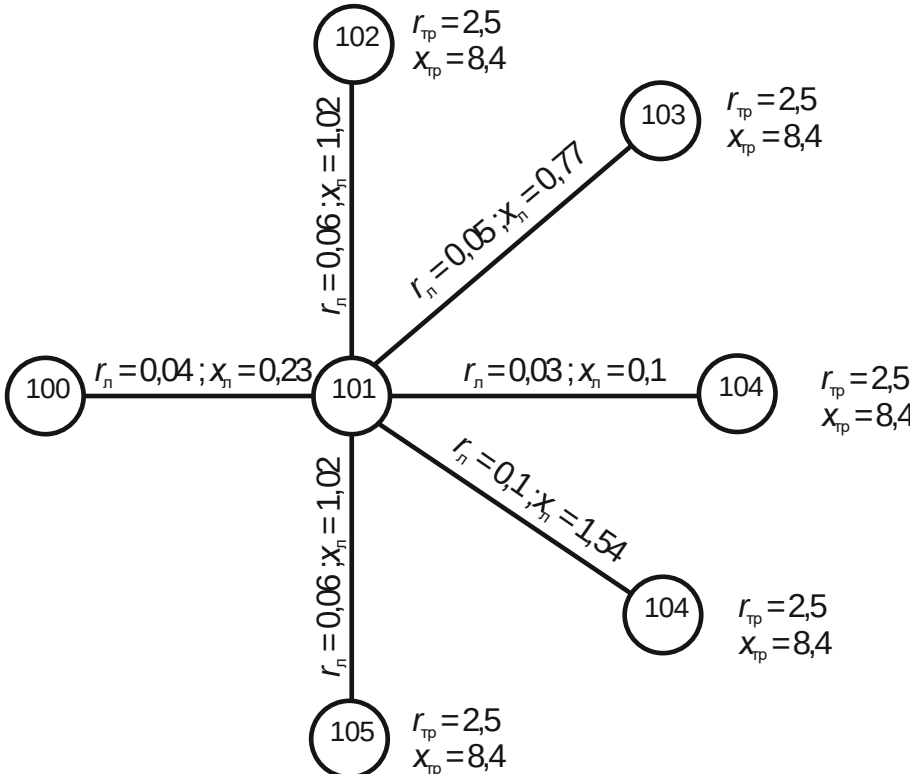
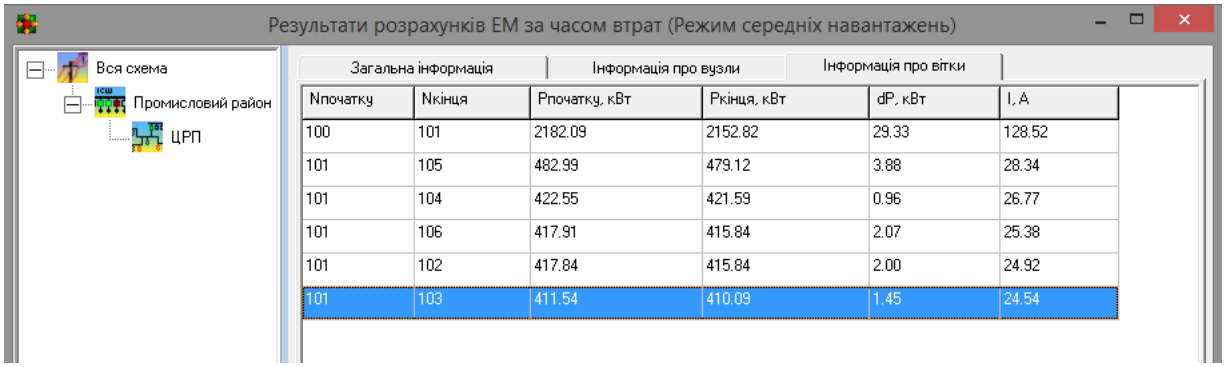


Рис. 4.2. Вузлова схема для моделювання

Результати розрахунків представлені на рис. 4.3-4.4.



Nпочатку	Nкінця	Рпочатку, кВт	Ркінця, кВт	dP, кВт	I, A
100	101	2182.09	2152.82	29.33	128.52
101	105	482.99	479.12	3.88	28.34
101	104	422.55	421.59	0.96	26.77
101	106	417.91	415.84	2.07	25.38
101	102	417.84	415.84	2.00	24.92
101	103	411.54	410.09	1.45	24.54

Рис. 4.3. Результати розрахунку втрат в електричних мережах

Результати представлені на рис. 4.3 показали, що на втрати в електричних мережах більш впливають параметри ліній ніж їх навантаження.

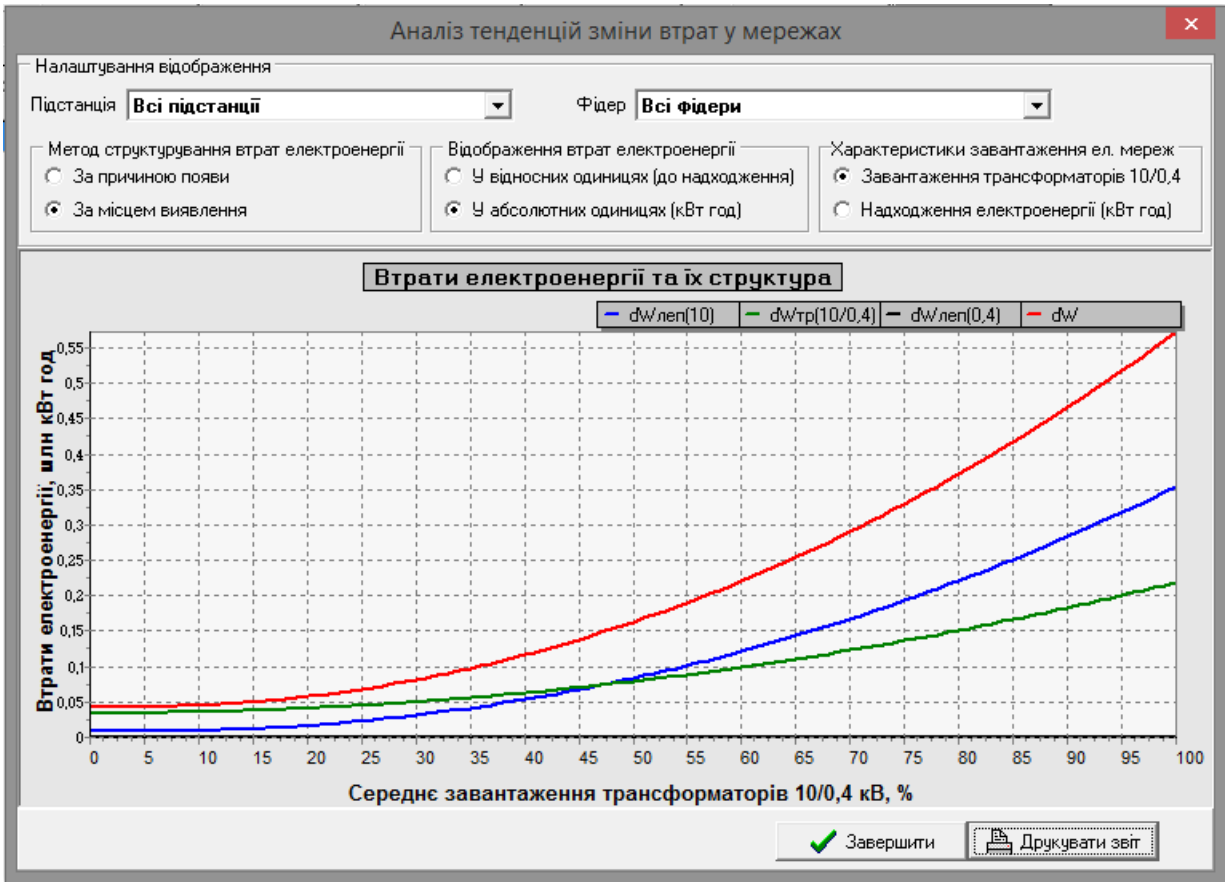


Рис. 4.4. Структура втрат в електричних мережах промислового району

Аналіз втрат представлений на рис. 4.4. показав, що при малих навантаженнях до 50% від Sном.тр втрати залежать від типу

трансформаторів, а при зростанні навантаження більше 50% втрати залежать від перерізу ліній електропередачі.

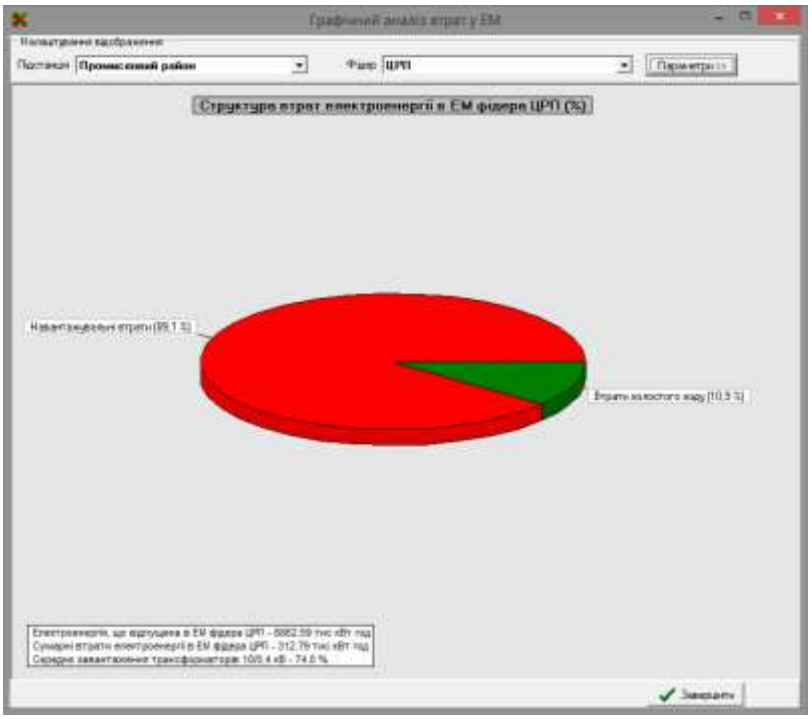


Рис. 4.5 Розподіл втрат електроенергії між елементами мережі

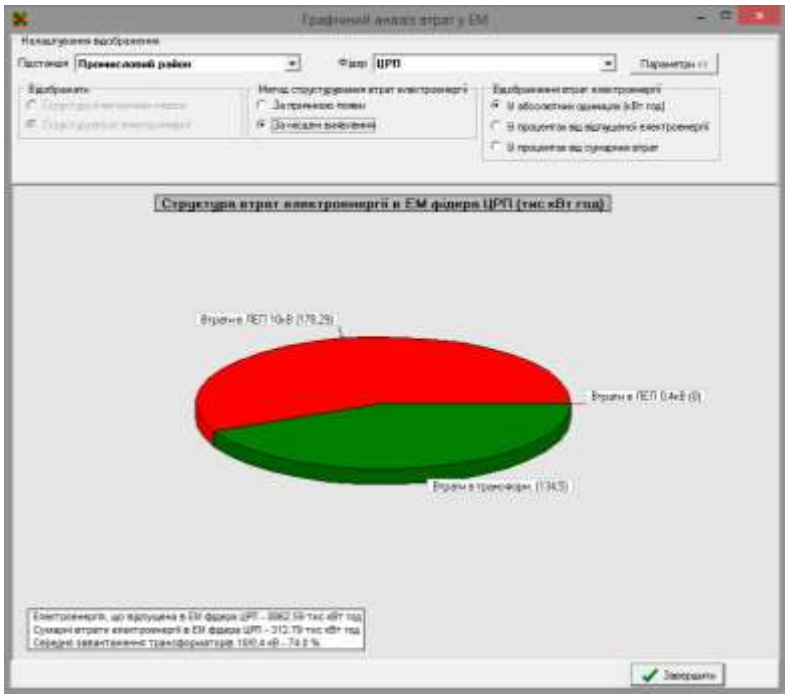


Рис. 4.6. Структура втрат в елементах мережі промислового району

4.3. Оцінка впливу енергозберігаючих заходів в системі електропостачання

Класифікація заходів щодо зниження електроенергетичних витрат включає організаційні та технічні заходи, які розподіляються в залежності від вкладених коштів. Ці заходи можна розділити на п'ять груп, кожна з яких визначається різними механізмами формування ефекту:

1. Удосконалення керування режимами електричних мереж.
2. Автоматизація керування режимами електричних мереж.
3. Реконструкція електричних мереж.
4. Удосконалення технічного обслуговування електричних мереж.
5. Удосконалення обліку електроенергії.

Заходи кожної групи мають різні організаційні та технічні чинники, що впливають на їх ефективність. Розглянемо найбільш поширені з них.

Зокрема, обмеження електропостачання може бути досягнуте через вдосконалення технологічного режиму. Зміни в активному чи реактивному навантаженні призводять до зміни потоків активної та реактивної потужності в електричних мережах, що впливає на втрати потужності.

Для обліку впливу змін навантаження чи втрат в електричних мережах на втрати в електричних мережах необхідно використовувати узагальнені коефіцієнти приросту втрат активної потужності в електричних мережах промислового району.

Вибір різних заходів для зниження втрат електроенергії є взаємозалежним процесом, і застосування комплексного підходу може призвести до трохи відмінних результатів від первинних варіантів.

Результати впровадження енергозберігаючих заходів в електричних мережах промислового району представлені на рис. 4.7 за допомогою програми "Втрати-10/0,4".

Загальна інформація | Інформація про вузли | Інформація про вітки

Nпочатку	Nкінця	I, A (без КУ)	I, A (з КУ)	dP, кВт (без КУ)	dP, кВт (з КУ)
100	101	128.52	126.03	29.33	28.21
101	105	28.34	28.32	3.88	3.87
101	104	26.77	25.06	0.96	0.84
101	106	25.38	24.46	2.07	1.93
101	102	24.92	24.49	2.00	1.93
101	103	24.54	24.10	1.45	1.40

а)

Фідери п/ст Промисловий район

Результати аналізу ефективності приєднання РДЕ

Загальна інформація | Інформація про вузли | Інформація про вітки

Інформація по фідеру ЦРП

Втрати потужності	без врахування РДЕ	з врахуванням РДЕ
в лініях 10 кВ	39.7 кВт	38.4 кВт
в трансформаторах 10/0.4	30.0 кВт	30.0 кВт
з них холостого ходу	8.4 кВт	8.4 кВт
навантажувальні	21.6 кВт	21.6 кВт
в лініях 0.4 кВ	0.0 кВт	0.0 кВт
Сумарні	**69.7 кВт**	**68.4 кВт**
Cos ϕ по фідеру	**0.98**	**1.00**

В результаті приєднання РДЕ втрати потужності зменшились на 1.95%

б)

Результати аналізу компенсації реактивної потужності

Загальна інформація | Інформація про вузли | Інформація про вітки

N вузла	Тип тр-ра	QкуВН, кВАр	QкуНН, кВАр	U, кВ (без КУ)	U, кВ (з КУ)
101				9.86	9.87
100		450.00		10.00	10.00
102	ТМ-630/10		100.00	9.82	9.83
104	ТМ-630/10		100.00	9.84	9.85
105	ТМ-630/10			9.79	9.79
106	ТМ-630/10		100.00	9.82	9.82
103	ТМ-630/10		66.00	9.83	9.84

в)

г)

Рис. 4.7.Результати впровадження енергозберігаючих заходів в мережах промислового району

а) дані про втрати активної потужності в гілках розрахункової схеми; б) аналіз ефективності приєднання РДЕ; в) дані про підвищення напруги за рахунок використання КП; г) аналіз ефективності компенсуючих пристроїв

4.4. Нормалізований електроенергетичний баланс

Узагальнення нормалізованого енергетичного балансу підприємства є завершальним етапом в аналізі його електроенергетичного балансу. Зведений баланс активної та реактивної електроенергії наведений на рисунках 4.8-4.9.

Важливо відзначити, що в баланс активної електроенергії включаються втрати на генерацію реактивної електроенергії через батареї конденсаторів. Також був створений баланс генерації реактивної електроенергії, який враховує виробництво блоками конденсаторів напругою 0,4 кВ та 10 кВ, синхронними двигунами, виробництво кабельними лініями напругою 10 кВ, а також спожиту з енергосистеми.

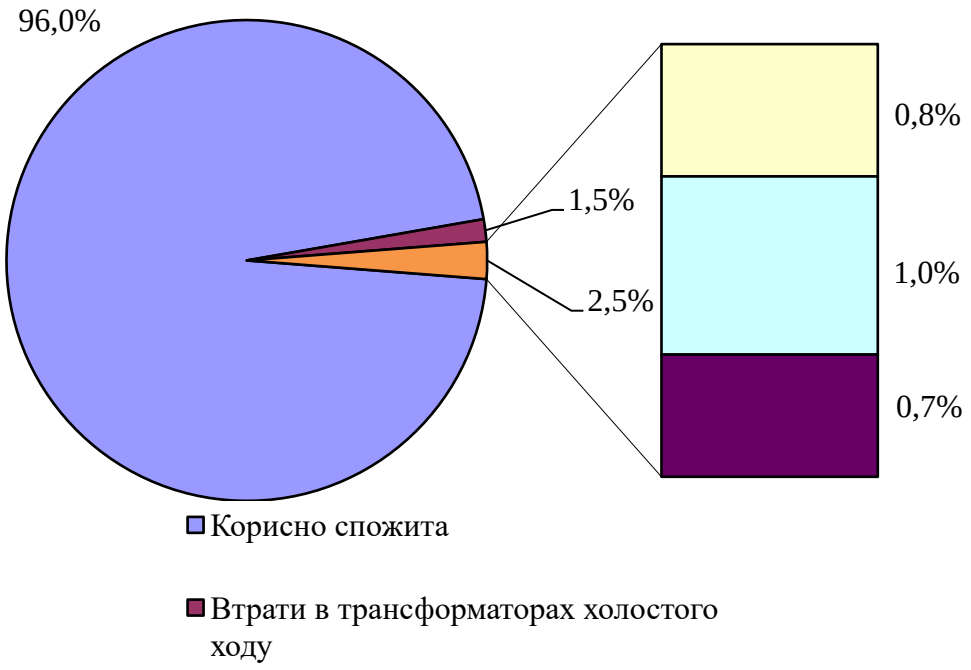


Рис. 4.8. Баланс споживання активної енергії

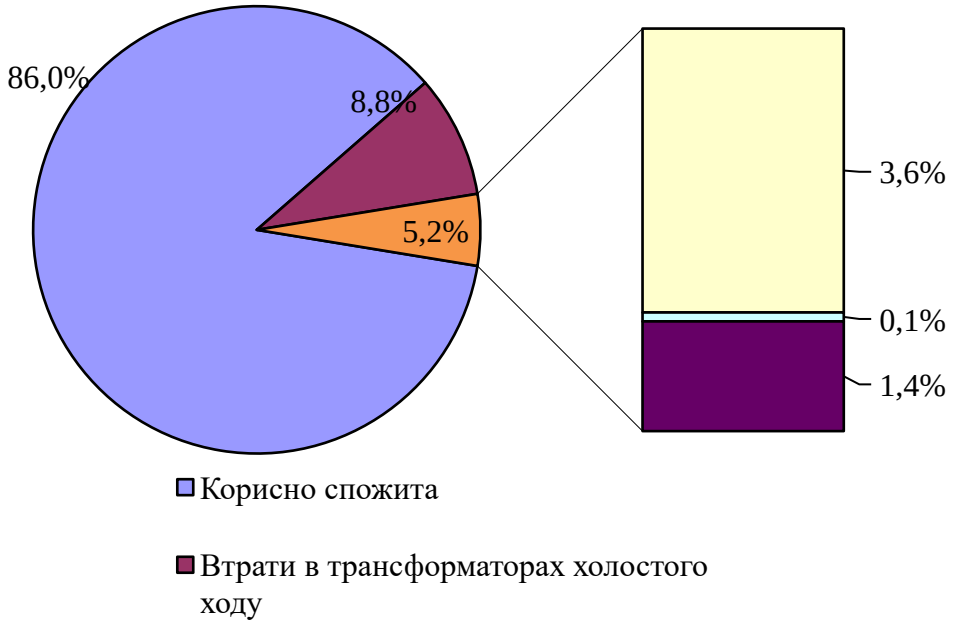


Рис. 4.9. Нормалізований баланс споживання реактивної енергії

Проведений аналіз нормалізованих балансів на рисунках 4.8 та 4.9 вказує на те, що в результаті впровадження енергозберігаючих заходів втрати

активної енергії в електричних мережах промислового району зменшилися на 1,5%, а відповідні втрати реактивної енергії на 8,8%.Таблиця 4.3. Втрати в електричних мережах промислового району до та після впровадження ЕОЗ

Назва	*W*, кВт·год	*V*, квар·год	Δ*W*	Δ*V*
Всього після ЕОЗ	13245390	6100880	346090,00	1257780,00
Всього до ЕОЗ	13245390	11086600	419720,00	1398205,00
Різниця			73670,00	140575,00

Висновки до розділу

На основі аналізу структури витрат промислового району встановлено, що втрати становлять 13–15% від загального обсягу витрат. Розгляд структури витрат дозволив виявити причини їх виникнення і розробити заходи з енергоощадження, що дозволили зменшити втрати електроенергії на 5%.

Аналіз результатів експериментальних досліджень роботи електричних мереж промислового району підтвердив, що розрахункові дані в цілому збігаються з результатами комп'ютерного моделювання. Це свідчить про правильність теоретичних досліджень та ефективність запропонованих енергозберігаючих заходів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Система енергоменеджменту для промислових підприємств дозволить оптимізувати баланс енергоспоживання в промисловому районі, враховуючи конкретні умови енергоспоживання та енергопостачання. Дослідження можливостей системи енергетичного менеджменту на промислових підприємствах вказує на те, що підвищення енергоефективності електричних мереж є одним із напрямків для енергозбереження в системах електроспоживання.

Оцінка інвестицій в енергозберігаючі заходи може використовувати різні критерії. Комплексна оцінка за сукупністю критеріїв дозволяє точніше визначити привабливість проектів з точки зору інвестора. Методики розрахунку втрат в електричних мережах не можуть бути однозначно рекомендовані через допущення та спрощення. Визначення втрат електричної енергії за допомогою норм споживання є перспективним, хоча точність еквівалентування електричних мереж та графіків електроспоживання може бути низькою, призводячи до значних похибок.

Збільшення втрат в електричних мережах промислового району і підприємств призводить до зростання оптимального ступеня компенсації. Теоретичне дослідження балансу споживання електричної енергії в промисловому районі вказує на те, що в максимальному режимі частка втрат становить 15%, з яких 13,8% припадають на реактивні втрати в трансформаторах і лише 0,2% - в електричних мережах.

Для розв'язання цієї задачі потрібно моделювання економічної ефективності заходів зі зменшення втрат електроенергії, враховуючи розподіл витрат між споживачами з урахуванням електричної віддаленості та нерівномірності графіків навантаження. Порівняльний аналіз тарифних систем, визначення основних чинників втрат електроенергії та побудова

балансів активної та реактивної енергії в системі електропостачання промислового району також входять в область досліджень.

Аналіз структури витрат промислового району показав, що втрати становлять 13–15% від загального обсягу витрат. Дослідження структури витрат дозволило виявити причини їх виникнення і розробити енергоощадні заходи, що зменшили втрати електричної енергії на 5%. Аналіз результатів експериментальних досліджень роботи електричних мереж промислового району підтвердив, що розрахункові дані в цілому збігаються з результатами комп'ютерного моделювання, підтверджуючи правильність теоретичних досліджень та ефективність запропонованих енергозберігаючих заходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Праховник А.В., Трапп Г.Р. Контроль і нормалізація енергоспоживання // Управління енерговикористанням: Збірка доповідей. – Альянс за збереження енергії. – 2001.– С. 387–397.

2. Редченко К. Традиционное и современное понимание управленческого контроля // Менеджмент сегодня. – 2003. – №4(16). – С. 2–10.

3. Мельничук Л. Методологія обліку втрат електричної енергії // Тези доповідей VIII Міжнародної конференції КУСС – Вінниця – 2005.– С. 150.

4. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. - Міненерговугілля України, видання офіційне: Київ, 2014. 736с.

5. Мельничук Л.М. Методологія обліку втрат електричної енергії // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – №1. С. 31–34.

6. Рогальський Б., Свірідов М., Мельничук Л. Контроль втрат електричної енергії в мережах промислових підприємств // Тези доповідей VII Міжнародної конференції КУСС. – Вінниця – 2003.– С. 163.

7. Рогальський Б.С., Свірідов М.П., Мельничук Л.М. Контроль втрат електричної енергії в мережах промислових підприємств // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – №6. – С. 225–227.

8. Бурбело М. Й., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах**:** Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с. 9

9. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плєшков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград:КДТУ, 2004. – 133 с.

10. Качество электрической энергии в системах электроснабжения. Учебное пособие // А.Г. Баталов, О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович и др. Под ред. О.Г. Гриба. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – 272 с.

11. Мороз-Письменна У.Є. Тарифний електроенергетичний кредит і тарифний електроенергетичний кредит-інвестиція як альтернативні механізми ціноутворення для залучення інвестицій // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2004. – №6.– С. 5–10

12. Херцл Й. Бизнес-треугольник: Опыт внедрения энергосберегающих технологий в Украине // ММ. Деньги и технологии. – 2002. – №11. – С. 46–48

13. Железко Ю.С. Недоучет электроэнергии, допустимые небалансы и их отражение в нормативах потерь // Электрические станции. – 2003. – №11. – С. 18–22.

14. Железко Ю.С. Оценка потерь электроэнергии, обусловленных инструментальными погрешностями измерения // Электрические станции. – 2001. – №8. – С. 19–24.

15. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. – К.: Наукова думка, 1985. – 268 с.

16. Висящев А.Н., Тигунцев С.Г., Луцкий И.И. Влияние потребителей на искажение напряжения // Электрические станции. – 2002. – №7. – С. 26–31.

ДОДАТКИ

Додаток А.

Таблиця А.1 Розрахунок силових електричних навантажень промислового району

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл.	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну		ne	Км	Розрахункова потужність, кВТ, кВар, кВА		
			Одного	Сум.					Рср	Qср			Рр	Qр	Sр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Райавтодор														
1	***Адміністрація***	6	1,0 - 10	50	10	0,65	0,8	0,75	32,50	24,38	6	1,33	43,26	26,81	50,90
2	***Дорожний цех***														
	Лінія завантаження	2	40,0 - 40	80		0,6	0,8	0,75	48,00	36,00					
	Компресори	4	15,0 - 15	60		0,65	0,75	0,882	39,00	34,39					
	Електронагрівачі	2	25,0 - 25	50		0,5	0,7	1,02	25,00	25,51					
	Технологічна установка Д-531	2	20,0 - 20	40		0,5	0,65	1,169	20,00	23,38					
	Насоси	2	20,0 - 20	40		0,7	0,8	0,75	28,00	21,00					
	Транспортери	1	20,0 - 20	20		0,6	0,8	0,75	12,00	9,00					
	Вентилятори	2	5,0 - 80	29		0,65	0,8	0,75	18,85	14,14					
	Разом	15	5,0 - 80	319	16	0,60	0,58	0,86	190,85	163,42	8	1,33	253,09	179,76	310,44
3	***Столярний цех***														
	Строгальні станки	4	30,0 - 30	120		0,6	0,6	1,333	72,00	96,00					
	Шліфувальні станки	4	20,0 - 20	80		0,45	0,6	1,333	36,00	48,00					
	Тепловентилятори	2	15,0 - 15	30		0,5	0,65	1,169	15,00	17,54					
	Лііня деревообробки	1	30,0 - 30	30		0,5	0,65	1,169	15,00	17,54					
	Вентилятори	5	1,0 - 20	52		0,65	0,8	0,75	33,80	25,35					
	Разом	16	1,0 - 30	312	30	0,55	0,36	1,19	171,80	204,42	16	1,25	214,02	204,42	295,97
4	***Котельня***														
	Водяні насоси	4	5,0 - 80	170		0,7	0,8	0,75	119,00	89,25					
	Дренажні насоси	2	20,0 - 20	40		0,7	0,8	0,75	28,00	21,00					
	Вентилятори	3	3,0 - 3	9		0,65	0,8	0,75	5,85	4,39					

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Разом	9	3,0 - 80	219	27	0,70	0,63	0,75	152,85	114,6	5	1,31	199,97	126,10	236,41
5	***Гараж***														
	Вентилятори	5	1,0 - 5	21		0,7	0,8	0,75	14,70	11,03					
	Компресори	3	10,0 - 15	40		0,65	0,8	0,75	26,00	19,50					
	Зварювальні апарати	2	15,0 - 15	30		0,3	0,35	2,676	9,00	24,09					
	Лінія дрібного ремонту	1	20,0 - 20	20		0,35	0,5	1,732	7,00	12,12					
	Разом	11	1,0 - 20	111	20	0,51	0,37	1,18	56,7	66,74	11	1,34	76,04	66,74	101,18
6	***Склад***														
	Транспортери	2	3,0 - 3	6		0,6	0,79	0,776	3,60	2,79					
	Вентилятори	4	3,0 - 3	12		0,65	0,8	0,75	7,80	5,85					
	Разом	6	3,0 - 3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,40	8,64	6	1,35	15,45	9,51	18,14
	Всього Райавтодору	63	1,0 - 80	1029	80	0,63	0,8	0,75	616	582	26	1,15	706,31	582,24	915,36
	Рудоуправління кар'єру №3														
1	***Адміністрація***	22	1,0 - 10	112	10	0,8	0,9	0,484	89,60	43,40	22	1,05	94,30	43,40	103,81
2	***Котельня***														
	Водяні насоси	3	5,0 - 10	18	2	0,7	0,8	0,75	12,60	9,45					
	Дренажні насоси	2	3,0 - 6	10	2	0,7	0,8	0,75	7,00	5,25					
	Компресори	3	3,0 - 5	12	2	0,65	0,8	0,75	7,80	5,85					
	Вентилятори	2	3,0 - 3	16	1	0,65	0,8	0,75	10,40	7,80					
	Разом	10	3,0 - 10	56	3	0,68	0,63	0,75	37,80	28,35	10	1,22	46,03	31,19	55,60
3	***Майстерня-гараж***														
	Підйомники	4	11,0 - 18	62	2	0,5	0,65	1,169	31,00	36,24					
	Металообробні верстати	12	0,3 - 5	58	17	0,75	0,8	0,75	43,50	32,63					
	Вентилятори	4	20,0 - 20	80	1	0,6	0,75	0,882	48,00	42,33					
	Зварювальні установки	3	10,0 - 10	30	1	0,6	0,75	0,882	18,00	15,87					
	Компресори	2	10,0 - 10	20	1	0,7	0,84	0,646	14,00	9,04					
	Сушильні камери	4	5,0 - 5	20	1	0,7	0,84	0,646	14,00	9,04					
	Разом	6	0,3 - 20	270	67	0,62	0,58	0,86	168,50	145,16	6	1,36	229,47	159,68	279,56

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	***Склад***														
	Електрокари	2	3,0 - 3	6	1	0,6	0,8	0,75	3,60	2,70					
	Вентилятори	4	3,0 - 3	12	1	0,65	0,79	0,8	7,80	6,24					
	Разом	6	3,0 - 3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,34	8,51	6	1,35	15,36	9,36	17,99
	Разом по Рудоуправлінню	44	0,3 - 20	456	67	0,67	0,64	0,73	307,24	225,41	44	1,09	335,70	225,41	404,36
	Агропромфірма «Лідер»														
1	***Адміністрація***	7	3,0 - 5	31	2	0,7	0,8	0,75	21,7	16,3	7	1,24	27,00	17,90	32,40
2	***Гараж***														
	Підйомники	5	1,0 - 10	22	10	0,7	0,8	0,75	15,4	11,6					
	Металообробні станки	4	10,0 - 15	40	2	0,65	0,8	0,75	26,0	19,5					
	Зварювальні апарати	2	15,0 - 15	30	1	0,7	0,8	0,75	21,0	15,8					
	Разом	11	1,0 - 15	92	15	0,68	0,63	0,75	62,4	46,8	11	1,20	75,06	46,80	88,45
3	***Молокоприймальний пункт***														
	Насоси	6	5,0 - 20	55	4	0,75	0,8	0,75	41,25	30,94					
	Пастерилізатори	4	2,0 - 5	18	3	0,6	0,75	0,882	10,80	9,52					
	Охолоджуючі танки	3	10,0 - 10	30	1	0,6	0,75	0,882	18,00	15,87					
	Холодильники	2	10,0 - 10	20	1	0,7	0,84	0,646	14,00	9,04					
	Вентилятори витяжні	8	3,0 - 20	62	7	0,65	0,8	0,75	40,30	30,23					
	Разом	23	2,0 - 20	185	10	0,67	0,62	0,77	124,35	95,60	19	1,15	143,07	95,60	172,07
	Разом по Агропромфірма «Лідер»	41	1,0 - 20	308	20	0,68	0,63	0,76	208,45	158,68	31	1,11	231,70	158,68	280,83
	МТС ПП «Дружба														
1	***Механічний цех***														
	Металообробні станки	18	7,0 - 40	144	6	0,14	0,5	1,732	20,16	34,92					
	Компресори	4	15,0 - 15	60	1	0,65	0,75	0,882	39,00	34,39					
	Звар. трансформатори	6	10,0 - 25	50	3	0,7	0,75	0,882	35,00	30,87					
	Преси	6	3,0 - 6	32	2	0,5	0,7	1,02	16,00	16,32					
	Піч опору	2	5,0 - 20	25	4	0,5	0,8	0,75	12,50	9,38					

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Транспортери	1	20,0 - 20	20	1	0,6	0,8	0,75	12,00	9,00					
	Вентилятори	8	5,0 - 15	60	3	0,65	0,8	0,75	39,00	29,25					
	Разом	45	3,0 - 40	391	13	0,44	0,53	0,95	173,66	164,13	20	1,28	222,79	164,13	276,72
2	***Столярний цех***														
	Строгальні станки	4	30,0 - 30	120	1	0,6	0,6	1,333	72,00	96,00					
	Шліфувальні станки	4	20,0 - 20	80	1	0,45	0,6	1,333	36,00	48,00					
	Лііня деревообробки	1	30,0 - 30	30	1	0,5	0,65	1,169	15,00	17,54					
	Насоси технічної води	2	20,0 - 20	40	1	0,7	0,8	0,75	28,00	21,00					
	Вентилятори	5	1,0 - 20	52	20	0,65	0,8	0,75	33,80	25,35					
	Разом	16	1,0 - 30	322	30	0,57	0,41	1,12	184,80	207,89	16	1,23	227,37	207,89	308,08
3	***Автогараж***														
	Вентилятори	5	1,0 - 5	21	5	0,7	0,8	0,75	14,70	11,03					
	Компресори	3	10,0 - 15	40	2	0,65	0,8	0,75	26,00	19,50					
	Зварювальні апарати	2	15,0 - 15	30	1	0,3	0,35	2,676	9,00	24,09					
	Лінія дрібного ремонту	1	20,0 - 20	20	1	0,35	0,5	1,732	7,00	12,12					
	Разом	11	1,0 - 20	111	20	0,51	0,37	1,18	56,70	66,74	11	1,34	76,04	66,74	101,18
4	***Склад***														
	Транспортери	2	3,0 - 3	6	1	0,6	0,79	0,776	3,60	2,79					
	Вентилятори	4	3,0 - 3	12	1	0,65	0,8	0,75	7,80	5,85					
	Разом	6	3,0 - 3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,40	8,64	6	1,35	15,45	9,51	18,14
	Всього по МТС ПП Дружба	78	1,0 - 40	842	40	0,51	0,46	1,05	426,56	447,4	42	1,16	494,26	447,40	666,68
	Агрофірма «Колос»														
1	**Млин**														
	Подрібнювачі КДУ-2	2	10,0 - 10	20,0	1	0,40	0,6	1,333	8,00	10,67					
	Вентилятори	6	5,5 - 6	33	1	0,65	0,75	0,882	21,45	18,92					
	Лінія обробки зерна	7	1,0 - 12	33	12	0,35	0,75	0,882	11,55	10,19					
	Циклони	2	3,0 - 3,0	6	1	0,3	0,5	1,732	1,80	3,12					
	Всього	17	1,0 - 12	92	12	0,47	0,49	1,00	42,8	42,89	15	1,32	56,40	42,89	70,86

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	**Олійня**														
	Шнеки	3	3,0 - 3	9,0	1	0,54	0,8	0,75	4,86	3,65					
	Преси	2	11 11	22	1	0,50	0,70	1,02	11,0	11,2					
	електродуховки	3	1,8 12	21	7	0,55	0,9	0,484	11,39	5,51					
	вентилятори	3	2,0 - 7	14	4	0,64	0,8	0,75	8,64	6,48					
	Разом	11	1,8 - 12	65,2	7	0,55	0,63	0,75	35,9	26,86	11	1,31	46,92	26,86	54,06
3	**Кормоцех**														
	Подрібнювачі	4	3,0 - 12	30	4	0,45	0,6	1,333	13,50	18,00					
	Ваги ДМ-100	1	1,2 - 2	1	1	0,6	0,8	0,75	0,81	0,61					
	Живителі муки	2	1,1 - 4	5	4	0,2	0,45	1,985	1,02	2,02					
	Просіювачі	2	3,0 - 3	6	1	0,6	0,7	1,02	3,60	3,67					
	Силос мучний	2	3,0 - 11	14	4	0,15	0,5	1,732	2,10	3,64					
	Шлюзові затвори	1	3,0 - 3	3	1	0,3	0,7	1,02	0,90	0,92					
	Вентилятори	4	3,0 - 3	12	1	0,65	0,79	0,8	7,80	6,24					
	Разом	16	1,1 - 12	71,45	11	0,42	0,36	1,18	29,73	35,10	12	1,41	41,89	35,10	54,65
4	**Майстерня**														
	Металорізальні верстати	4	3,0 - 15	30	5	0,12	0,40	2,291	3,60	8,25					
	Преси	2	3,0 - 10	8	3	0,34	0,55	1,518	2,72	4,13					
	Компресори	2	15,0 - 15	30	1	0,65	0,80	0,75	19,50	14,63					
	Зварювальна ділянка	2	15,0 - 15	30	1	0,30	0,35	2,676	9,00	24,09					
	Всього по агрофірмі "Колос»	44	1,0 - 40	228,65	40	0,47	0,52	0,97	108,4	104,8	11	1,37	148,98	104,85	182,17
	Агрофірма ПП «Красюк»														
1	**Адміністрація**	20	1,5 - 20	245		0,7	0,8	0,75	171,50	128,63	20	1,13	193,73	128,63	232,54
2	**Виробничий цех**														
	Лінія первинної обробки	12	2,0 - 15	48		0,8	0,75	0,882	38,40	33,87					
	Лінія автоматичного сортування	4	1 - 40	85		0,25	0,7	1,02	21,25	21,68					
	Сушильні шафи	4	2,0 - 20	44		0,85	0,75	0,882	37,40	32,98					
	Лінія завантаження	8	1,5 - 10	46		0,6	0,8	0,75	27,60	20,70					

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Хлібопекарські печі	2	80 - 80	160		0,7	0,85	0,62	112,00	69,41					
	Тістозамішувальні машини	4	8,0 - 22	60		0,3	0,8	0,75	18,00	13,50					
	Лінія розвантаж. готової продукції	4	1,5 - 15	47		0,6	0,8	0,75	28,20	21,15					
	Насоси	8	3 - 15	75		0,7	0,8	0,75	52,50	39,38					
	Вентилятори	6	10,0 - 11	61		0,65	0,8	0,75	39,65	29,74					
	Разом	52	1,0 - 80	626		0,65	0,8	0,75	406,90	305,18	16	1,18	480,52	305,18	569,24
3	**Склад готової продукції**														
	Транспортери	10	1,0 - 15	21		0,5	0,7	1,02	10,50	10,71					
	Вентилятори	12	1,2 - 8	28		0,65	0,75	0,882	18,20	16,05					
	Машини мікроклімату	1	7,0 - 7	7		0,5	0,8	0,75	3,50	2,63					
	Разом	23	1,0 - 15	56		0,55	0,75	0,882	30,80	27,16	7	1,41	43,35	29,88	52,65
4	**Склад сировини**														
	Конвеєр	12	1,0 - 3	22		0,6	0,75	0,882	13,20	11,64					
	Машини мікроклімату	8	2 - 5	30		0,65	0,75	0,882	19,50	17,20					
	Разом	20	1,0 - 5	52		0,63	0,75	0,882	32,76	28,89	20	1,17	38,34	28,89	48,01
5	**Гараж**	27	1,2 - 14	27		0,39	0,69	1,049	10,53	11,05	4	1,89	19,90	12,15	23,32
	Всього по Агрофірма ПП «Красюк»	142	1,0 - 80	1006		0,63	0,624	0,768	652,49	500,90	25	1,15	750,20	500,90	902,05
1	**СФГ "Роксолана"**														
	Зерновий тік														
	Очисні сепаратори	4	1 - 40	85		0,25	0,7	1,02	21,25	21,68					
	Зерносушилки	3	6,0 - 10	28		0,7	0,8	0,75	19,60	14,70					
	Шнеки	2	2,0 - 40	42		0,85	0,75	0,882	35,70	31,48					
	Транспортери	4	1 - 8	18		0,65	0,8	0,75	11,70	8,78					
	Норії	8	1,5 - 10	46		0,6	0,8	0,75	27,60	20,70					
	Калорифер	4	1 - 15	30		0,25	0,7	1,02	7,50	7,65					
	Силоси	2	6,0 - 10	22		0,7	0,8	0,75	15,40	11,55					

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Вентилятори	6	2,0 - 11	50		0,85	0,75	0,882	42,50	37,48					
	Всього по СФГ "Роксолана"	59	1,0 - 80	321		0,63	0,583	0,85	181,25	154,02	8	1,29	234,70	169,42	289,46
	Всього на 0,4 кВ	488	0,3 - 80	4283	267	0,59	0,57	0,87	2543	2216	107	1,07	2731,8	2216,5	3517,8

Додаток Б

Залежність втрат потужності від завантаження ЕМ

Результати аналізу тенденцій зміни втрат електроенергії
Початкова перевірка схеми ...
пройшла успішно

==== Втрати електроенергії по РЕМ за різного завантаження, кВт год ====

Ксив	dWлин	dWтр	dWхх	dWкз	dW(0.4кВ)	dWсум	Wнадх
0.00	9466.3	34137.6	34137.6	0.0	0.0	43603.9	42433.6
0.01	9130.6	34155.2	34137.6	17.6	0.0	43285.8	161184.6
0.02	8867.3	34207.9	34137.6	70.3	0.0	43075.2	279999.2
0.03	8676.7	34295.8	34137.6	158.2	0.0	42972.5	398877.6
0.04	8558.7	34419.0	34137.6	281.4	0.0	42977.7	517819.7
0.05	8513.5	34577.5	34137.6	439.9	0.0	43091.0	636825.6
0.06	8541.3	34771.3	34137.6	633.7	0.0	43312.6	755895.4
0.07	8642.1	35000.6	34137.6	863.0	0.0	43642.7	875029.1
0.08	8816.1	35265.3	34137.6	1127.7	0.0	44081.4	994226.8
0.09	9063.3	35565.6	34137.6	1428.0	0.0	44628.9	1113488.5
0.10	9383.9	35901.5	34137.6	1763.9	0.0	45285.3	1232814.2
0.11	9777.9	36273.0	34137.6	2135.4	0.0	46050.9	1352204.1
0.12	10245.6	36680.2	34137.6	2542.6	0.0	46925.8	1471658.1
0.13	10787.0	37123.1	34137.6	2985.5	0.0	47910.1	1591176.4
0.14	11402.1	37601.8	34137.6	3464.2	0.0	49004.0	1710758.9
0.15	12091.3	38116.4	34137.6	3978.8	0.0	50207.7	1830405.7
0.16	12854.4	38666.9	34137.6	4529.3	0.0	51521.4	1950116.9
0.17	13691.8	39253.4	34137.6	5115.8	0.0	52945.1	2069892.5
0.18	14603.4	39875.8	34137.6	5738.2	0.0	54479.2	2189732.6
0.19	15589.4	40534.4	34137.6	6396.8	0.0	56123.8	2309637.3
0.20	16649.8	41229.1	34137.6	7091.5	0.0	57878.9	2429606.5
0.21	17784.9	41959.9	34137.6	7822.3	0.0	59744.9	2549640.3
0.22	18994.8	42727.1	34137.6	8589.5	0.0	61721.8	2669738.8
0.23	20279.4	43530.5	34137.6	9392.9	0.0	63809.9	2789902.0
0.24	21639.1	44370.2	34137.6	10232.6	0.0	66009.3	2910130.0
0.25	23073.8	45246.4	34137.6	11108.8	0.0	68320.2	3030422.8
0.26	24583.6	46159.0	34137.6	12021.4	0.0	70742.7	3150780.5
0.27	26168.8	47108.2	34137.6	12970.6	0.0	73277.0	3271203.2
0.28	27829.4	48093.9	34137.6	13956.3	0.0	75923.3	3391690.8
0.29	29565.5	49116.3	34137.6	14978.7	0.0	78681.8	3512243.5
0.30	31377.3	50175.3	34137.6	16037.7	0.0	81552.6	3632861.3
0.31	33264.8	51271.1	34137.6	17133.5	0.0	84536.0	3753544.2
0.32	35228.2	52403.8	34137.6	18266.2	0.0	87632.0	3874292.3
0.33	37267.6	53573.2	34137.6	19435.6	0.0	90840.9	3995105.6
0.34	39383.1	54779.6	34137.6	20642.0	0.0	94162.8	4115984.2
0.35	41574.9	56023.0	34137.6	21885.4	0.0	97597.9	4236928.2
0.36	43850.2	57303.5	34137.6	23165.9	0.0	101153.7	4358292.5
0.37	46195.5	58621.0	34137.6	24483.4	0.0	104816.5	4479395.9
0.38	48617.4	59975.7	34137.6	25838.1	0.0	108593.1	4600566.5
0.39	51116.1	61367.5	34137.6	27229.9	0.0	112483.7	4721804.4
0.40	53691.7	62796.7	34137.6	28659.1	0.0	116488.4	4843109.6
0.41	56344.3	64263.2	34137.6	30125.6	0.0	120607.5	4964482.2

Залежність втрат потужності від завантаження ЕМ

0.42	59074.0	65767.0	34137.6	31629.4	0.0	124841.1	5085922.5
0.43	61881.0	67308.4	34137.6	33170.8	0.0	129189.3	5207430.5
0.44	64765.3	68887.2	34137.6	34749.6	0.0	133652.5	5329006.2
0.45	67727.2	70503.6	34137.6	36366.0	0.0	138230.7	5450649.8
0.46	70766.6	72157.6	34137.6	38020.0	0.0	142924.2	5572361.4
0.47	73883.8	73849.3	34137.6	39711.7	0.0	147733.1	5694141.2
0.48	77078.9	75578.7	34137.6	41441.1	0.0	152657.6	5815989.1
0.49	80351.9	77345.9	34137.6	43208.3	0.0	157697.8	5937905.3
0.50	83703.1	79151.0	34137.6	45013.4	0.0	162854.1	6059890.0
0.51	87132.5	80994.0	34137.6	46856.4	0.0	168126.5	6181943.2
0.52	90640.2	82875.1	34137.6	48737.5	0.0	173515.3	6304065.1
0.53	94226.5	84794.1	34137.6	50656.5	0.0	179020.6	6426255.7
0.54	97891.4	86751.3	34137.6	52613.7	0.0	184642.6	6548515.1
0.55	101635.0	88746.6	34137.6	54609.0	0.0	190381.5	6670843.5
0.56	105457.4	90780.1	34137.6	56642.5	0.0	196237.6	6793241.0
0.57	109358.9	92852.0	34137.6	58714.4	0.0	202210.9	6915707.7
0.58	113339.5	94962.1	34137.6	60824.5	0.0	208301.7	7038243.6
0.59	117399.4	97110.7	34137.6	62973.1	0.0	214510.1	7160849.0
0.60	121538.6	99297.8	34137.6	65160.2	0.0	220836.4	7283523.8
0.61	125757.3	101523.4	34137.6	67385.8	0.0	227280.7	7406268.3
0.62	130055.7	103787.6	34137.6	69650.0	0.0	233843.3	7529082.4
0.63	134433.8	106090.5	34137.6	71952.9	0.0	240524.2	7651966.4
0.64	138891.8	108432.0	34137.6	74294.4	0.0	247323.8	7774920.4
0.65	143429.8	110812.4	34137.6	76674.8	0.0	254242.2	7897944.4
0.66	148048.0	113231.6	34137.6	79094.0	0.0	261279.6	8021038.6
0.67	152746.5	115689.7	34137.6	81552.1	0.0	268436.2	8144203.0
0.68	157525.4	118186.8	34137.6	84049.2	0.0	275712.2	8267437.8
0.69	162384.8	120722.9	34137.6	86585.3	0.0	283107.7	8390743.2
0.70	167324.9	123298.1	34137.6	89160.5	0.0	290623.0	8514119.1
0.71	172345.8	125912.5	34137.6	91774.9	0.0	298258.3	8637565.7
0.72	177447.7	128566.1	34137.6	94428.5	0.0	306013.8	8761083.2
0.73	182630.6	131259.0	34137.6	97121.4	0.0	313889.6	8884671.6
0.74	187894.7	133991.2	34137.6	99853.6	0.0	321885.9	9008331.1
0.75	193240.2	136762.9	34137.6	102625.3	0.0	330003.1	9132061.7
0.76	198667.1	139574.0	34137.6	105436.4	0.0	338241.1	9255863.6
0.77	204175.6	142424.7	34137.6	108287.1	0.0	346600.4	9379736.9
0.78	209765.9	145315.0	34137.6	111177.4	0.0	355080.9	9503681.7
0.79	215438.0	148245.0	34137.6	114107.4	0.0	363683.0	9627698.2
0.80	221192.2	151214.7	34137.6	117077.1	0.0	372406.9	9751786.3
0.81	227028.5	154224.2	34137.6	120086.6	0.0	381252.7	9875946.3
0.82	232947.1	157273.6	34137.6	123136.0	0.0	390220.7	10000178.3
0.83	238948.0	160363.0	34137.6	126225.4	0.0	399311.0	10124482.3
0.84	245031.6	163492.3	34137.6	129354.7	0.0	408523.9	10248858.6
0.85	251197.8	166661.7	34137.6	132524.1	0.0	417859.5	10373307.1
0.86	257446.8	169871.3	34137.6	135733.7	0.0	427318.1	10497828.1
0.87	263778.8	173121.0	34137.6	138983.4	0.0	436899.8	10622421.5
0.88	270193.9	176411.0	34137.6	142273.4	0.0	446604.9	10747087.7
0.89	276692.3	179741.4	34137.6	145603.8	0.0	456433.6	10871826.6
0.90	283274.0	183112.1	34137.6	148974.5	0.0	466386.1	10996638.4
0.91	289939.2	186523.3	34137.6	152385.7	0.0	476462.5	11121523.2
0.92	296688.1	189975.1	34137.6	155837.5	0.0	486663.2	11246481.1
0.93	303520.8	193467.4	34137.6	159329.8	0.0	496988.2	11371512.2
0.94	310437.4	197000.5	34137.6	162862.9	0.0	507437.9	11496616.7
0.95	317438.1	200574.3	34137.6	166436.7	0.0	518012.3	11621794.6
0.96	324523.0	204188.8	34137.6	170051.2	0.0	528711.8	11747046.2

Додаток В

В. ОХОРОНА ПРАЦІ

В.1 Заходи по охороні праці та техніки безпеки

Всі правові питання охорони праці у нашій країні вирішуються на основі Конституції. Законодавство по правовій охороні праці регламентує режим робочого часу і відпочинку робочих та службовців. Нормальна тривалість робочого часу для всіх працюючих не повинна перевищувати 41 год за неділю як при п'ятиденному та і шестиденному робочому тижню. Робочим і працівникам у віці від 16 до 18 років встановлюється 36-годинний робочий тиждень. Така ж тривалість робочого тижня для робітників, зайнятих на роботах з шкідливими умовами праці. При роботі у нічний час з 22 по 6 год тривалість зміни зменшується на 1 год, за виключенням робочих та працівників для яких вже передбачено скорочений робочий час. Застосування надурочних робіт допускається тільки у виключних випадках і з дозволу місцевого профсоюзного комітету. Для кожного працюючого загальна кількість надурочних робіт не повинна перевищувати 120 год на протязі року. На роботах у тяжких та шкідливих умовах і на об'єктах робіт, які відносяться до категорії підвищенної небезпеки забороняється використовувати осіб молоших 18 років.

Серед заходів, направленних на створення раціональних умов трудового процесу важливу роль відіграє режим праці і відпочинку.

Організаційні заходи по небезпечній експлуатації електроустановок включають: оператине обслуговування діючих електроустановок, що в свою чергу передбачає періодичні і позачергові огляди системи електропостачання і електроприймачів; контроль та облік електроенергії; оперативні перемикання у електричних мережах,

забезпечуючі безперебійне живлення електроенергією. Оперативне обслуговування електроустановок проводиться інженерно-технічним, черговим і оперативно-ремонтним електротехнічним персоналом

Обов'язки закріплені за даною електроустановкою чергового персоналу визначаються місцевими інструкціями, у яких повинні бути викладені також основні конкретні міри по електронебезпеці і пожежній небезпеці стосовно до експлуатуючого електрообладнання.

Оперативне обслуговування електроустановок може здійснюватися як однією особою так і декількома. Чисельність персоналу для кожного цеху, ділянки, підстанції визначається головним енергетиком підприємства.

При обслуговуванні електроустановок напругою вище 1000 В старший у зміні (бригадир) або черговий повинні мати кваліфікаційну групу не нижче, IV, а у електроустановках до 1000 В - не нижче групи III.

У електроустановках підприємства застосовуються слідуючі технічні захисні міри:

1. Малі напруги. Якщо номінальна напруга електроустановки не перевищує тривалодопустимої напруги дотику, то даже одночасний дотик людини з стумоведучими частинами різних фаз чи полюсів буде безпечним Однофазний дотик до струмоведучих частин, а також, дотик до опинившогося під напругою корпусу, наваіть не заземленному буде безпечним, так як струм через людину при дотику до фази визначається опором ізоляції та малою напругою. Однак у сирих приміщеннях де опір людини може бути значно знижений, струм протікаючий через людину, при дотику до двох виводів чи фаз буде невідпускаючим. Тому приймаються інші міри захисту.

2. Електричний розділ мереж. Розгалуджена мережа великої довжини має значну ємність і малий активний опір ізоляції відносно

землі, а отже струм замикання у такій мережі може бути значним. Тому однофазний дотик у мережі навіть з ізольованою нейтраллю являється, безумовно, небезпечним. Якщо єдину сильно розгалуджену мережу з великою ємністю і малим опором ізоляції розділити на ряд невеликих мереж такої ж напруги, які будуть мати незначну ємність і високим опором ізоляції, небезпека різко знизиться. Так, струм через людину, що доторкнулася до однієї фази буде визначатися високим опором фаз відносно землі , якщо у мережах напругою 380 В $|Z| > 63$ кОм, а опір кола людини Rch = 1.0 кОм, струм через людину не перевище 10 мА.

Звичайно електричне розділення мереж виконується шляхом під'єднання окремих електроприймачів через роздільний трансформатор, живлячийся від основної мережі.

Велику небезпеку представляє можливість продовження роботи електроустановки при глухому замиканні на землю, так як людина, що доторкнулася до справної фази, попадає під лінійну напругу. Щоб уникнути небезпеки необхідно постійно проводити контроль ізоляції.

3. Контроль і профілактика ушкоджень ізоляції. Приймально-здаточні випробування проводяться при вводі у єксплуатацію нових та вийшовших із ремонту електроустановок.

. Захисне заземлення. Застосовання захисного заземлення у мережі з заземленою нейтраллю напругою до 1000 В неефективно, так як навіть при глухому замиканні на землю струм не залеже від опору заземлення і змешенням останього зростає. Тому захисне заземлення застосовується у внутрішньоцеховій мережі 10 кВ з ізольованою нейтраллю. Захисне заземлення на проектуємому підприємстві виконується у вигляді замкненого контуру навколо ГЗП.

6. Занулення. Застосовується у чотирипроводних мережах до 1000 В з заземленною нейтраллю. Для зменшення тривалості режиму замикання на корпус прокладається нульовий провід, що з'єднується з

заземленною нейтраллю джерела та повторними заземлювачами. При зануленні корпуси електрообладнання з'єднуються не з заземлювачами а з нульовим проводом. Занулення перетворює замикання на корпус електроприймача у однофазне коротке замикання, у результаті чого спрацьовує МТЗ і селективно відмикає ушкоджену ділянку мережі.

В.2. Розрахунок заземлення

У відповідності з ПУЕ, всі металеві частини електроустановок, які в процесі роботи не мають з’єднання з струмопровідними частинами, але можуть попасти під напругу, повинні бути заземлені

Трансформаторні підстанції напругою 10/0,4 кВ на стороні 0,4 кВ мають глухозаземлену нейтраль. З’єднання обмоток цехових трансформаторів - Δ/Y з нулем. Струм замикання на землю 27 А. Для цехового обладнання використовується заземлення. Цехові підстанції отримуюють живлення від 2 кабелів, що прокладені в одній траншеї.

Грунт – чорнозем, другий кліматичний район.

Розрахунок зводиться до визначення вертикальних заземлювачів і довжини з’єднувальної полоси з розміщенням на плані.

Визначаєм норму на опір заземлення $R_з^н$.

Якщо заземлюючий пристрій використовується одночасно для електроустановок напругою до 1000 В та вище:

$$R_з \le \frac{125}{I_з} = \frac{125}{27} = 4{,}63 \text{ Ом};$$

Згідно ПУЕ , так як сумарна потужність токоприймачів більш 100 кВА то $R_з$ повинен бути не більше 4 Ом. Приймаємо $R_з$ = 4 Ом.

Визначаємо розрахунковий питомий опір грунту:

$$\rho_p = \rho_{табл} \cdot \psi = 220 \cdot 1{,}3 = 286 \text{ Ом·м}$$

де $\rho_{табл}$ - табличне значення, для чернозему $\rho_{табл}$ =220 Ом·м табл. 7.14 [21]; ψ - підвищуючий коефіцієнт, для України, для стержньових заземлювачів ψ =1,2...1,4.

Опір одинарного вертикального заземлювача:

$$R_o = 0{,}366 \frac{\rho_{розр}}{l}\left(lg\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}lg\frac{4t+l}{4t-l}\right) =$$
$$= 0.366\frac{286}{5}\left(lg\frac{2\cdot 5}{2.5} + \frac{1}{2}lg\frac{4\cdot 3+5}{4\cdot 3-5}\right) = 15{,}4 \ Ом;$$

де l – довжина заземлювача, приймаємо 5 м; d – діаметр заземлювача (приймаємо стержні діаметром 2,5 см).

$$t = h + \frac{l}{2} = 0.5 + \frac{5}{2} = 3 \text{ м};$$

де h – глибина прокладки полос (згідно ПУЕ – 0,В...0,8 м).

Приймаємо електроди прокладені по замкнутому контуру згідно плану і знаходимо орієнтовну кількість заземлювачів:

$$n_o = \frac{R_e}{R_з^н \cdot \eta_o} = \frac{15{,}4}{4.054} = 6.9 \approx 7 \text{шт.}$$

Де η_o – коефіцієнт використання ряду заземлювачів, для *a/l*=4/5=0.8, η_o =0,54 по рис. 7.5[21].

Де а= 4 м – відстань між електродами згідно ПУЕ.

Довжина горизонтальної з’єднувальної полоси:

$$l_n = 1.05a \cdot n = 1.05 \cdot 4 \cdot 7 = 29.4 \text{ м.}$$

Опір полоси з урахуванням екранування:

$$R_n = 0.366 \frac{\rho_{розр}}{l_n \cdot \eta_n} lg \frac{2l_n}{b \cdot n} = 0.366 \frac{286}{29.4 \cdot 0.51} lg \frac{2 \cdot 29.5^2}{0.01 \cdot 7} = 28{,}38 \text{ Ом;}$$

де η_n – коефіцієнт використання з'єднувальної полоси шириною b = 10 мм та товщиною 5 мм.

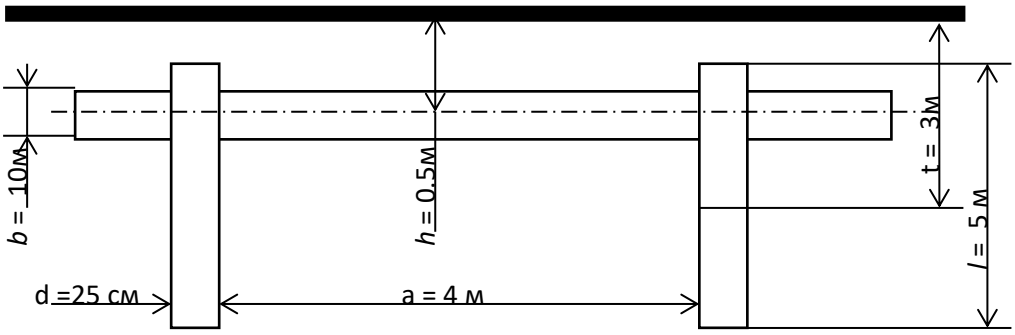


Рис. В.1. Схема прокладки заземлення

Необхідний опір вертикальних заземлювачів з урахуванням опору з'єднувальної полоси:

$$R_{тр} = \frac{R_n \cdot R_з^н}{R_n \cdot R_з^н} = \frac{28{,}38 \cdot 4}{28{,}38 - 4} = 7{,}94 \text{ Ом.}$$

Остаточна кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_o}{R_{тр} \cdot \eta_o} = \frac{15{,}4}{7{,}94 \cdot 0{,}59} = 3{,}6 \approx 4 \text{ штук.}$$

Проводимо перевірку опору зземлювача і порівнюємо отримане значення з нормуємим:

$$R_з = \frac{1}{\frac{1}{R_{тр}} + \frac{1}{R_п}} = \frac{1}{\frac{1}{7,94} + \frac{1}{28,38}} = 3,98 \text{ Ом.}$$

3,98 < 4 Ом

Розрахункове значення заземлювача $R_з$ не перевищує його нормативне значення 4 Ом. Спроектований контур заземлення відповідає вимогам ПУЕ.