

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Драко Наталія Олександрівна

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка варіанту системи обліку та контролю показників якості електроенергії
системи електропостачання
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Драко Н.О.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Л.Г.
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.і.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології
(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Драко Н.О. Розробка варіанту системи обліку та контролю показників якості електроенергії системи електропостачання.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Зниження якості електричної енергії неминуче веде зміну режиму роботи споживачів. Це призведе до зниження продуктивності робочого механізму, якість продукції може погіршитися, також може скоротитися термін придатності електроустаткування та збільшиться ймовірність нещасних випадків.

Пропоновано структурна схема СМКЕ згідно з вимогами ДСТУ EN 50160:2014.

Ключові слова: Якісне електропостачання, енергозберігаючі технології, моніторинг якості електричної енергії.

ABSTRACT

Drako N.O. Development of a variant of the system of accounting and control of electricity quality indicators of the power supply system.

Qualification work for a master's degree in the specialty 141 – Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

A decrease in the quality of electrical energy inevitably leads to a change in the mode of operation of consumers. This will lead to a decrease in the performance of the working mechanism, the quality of products may deteriorate, the shelf life of electrical equipment may also be reduced, and the likelihood of accidents will increase.

A structural diagram of the SMCE is proposed in accordance with the requirements of GOST 33073-2014 and GOST 32144

Keywords: High-quality power supply, energy-saving technologies, monitoring of electricity quality.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1.АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	7
1.1 Вплив якості електроенергії на характеристики електропостачання	7
1.2 Нормативна база з якості електроенергії	8
1.3 Міжнародна нормативна база з якості електроенергії	11
Висновок по розділу	12
2. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	13
2.1 Економічні основи енергозбереження	13
2.2 Способи зниження споживання електроенергії	17
2.3 Приклади впровадження енергозберігаючих технологій	17
Висновки по розділу	19
3 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	20
3.1 Підвищення коефіцієнта потужності	20
3.2 Зниження втрат електроенергії на освітлення	21
3.3 Мінімізація втрат на ЛЕП	26
3.4 Енергозбереження електроспоживачами	26
3.5 Енергозбереження засобами релейного захисту та автоматики	31
3.6 Вплив технічного обліку електроенергії на енергоефективність систем електропостачання	33
Висновки по розділу	34
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36

Вступ

Якісне електропостачання є головною умовою стабільної та безперебійної роботи всіх приміщень цього підприємства. Електрична енергія необхідна для живлення освітлювального обладнання, систем клімат-контролю та безпеки, комп'ютерної техніки та ін. Для безперервного функціонування комплексу потрібно мати надійну систему електропостачання. А також потрібний постійний моніторинг системи якості електричної енергії (СМКЕ).

Також обов'язковою умовою ефективного функціонування енергосистеми на всіх етапах від виробництва до споживання стає автоматизована інформаційно-вимірювальна система комерційного обліку електроенергії (АПС КУЕ).

«Проведені дослідження показали, у мережах 110-220 кВ, порушення вимог чинного стандарту за нормами якості електричної енергії мають масовий та систематичний характер у багатьох енергосистемах»[5].

Зниження якості електричної енергії неминує веде зміну режиму роботи споживачів. Це призведе до зниження продуктивності робочого механізму, якість продукції може погіршитися, також може скоротитися термін придатності електроустаткування та збільшиться ймовірність нещасних випадків. Моніторинг якості на підприємствах усуває зазначені проблеми та загалом підвищує ефективність роботи електрообладнання цього підприємства.

Моніторинг якості електричної енергії необхідний так само, як і його підтримка, адже здійснити друге без першого неможливо. Однією з основних умов скорочення витрат і підвищення економічної ефективності виробництва та собівартості своєї продукції - це впровадження енергозберігаючих технологій на підприємстві.

Впровадження енергозберігаючих технологій у довгостроковій перспективі, на прикладі масового впровадження на рівні районів та областей, дає економію коштів у понад 50%, враховуючи всі витрати на етапі модернізації та будівництва проектів освітлення, які на сьогоднішній день потребують колосальних економічних ресурсів.

Комплексне впровадження сучасного енергоекономного обладнання дасть колосальні плюси промисловим підприємствам та суттєво вплине на зниження собівартості кінцевої продукції.

Тому в цій роботі здійснюється розробка системи обліку та контролю показників якості електричної енергії системи електропостачання. Також розглядаються основи енергозбереження та способи зниження споживання електроенергії, наводяться критерії виникнення проблем в електричних мережах та шляхи їх можливих рішень. Аналізуються приклади впровадження енергозберігаючих технологій.

Мета даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи електрообладнання підприємств за рахунок впровадження системи моніторингу показників якості електроенергії.

Для досягнення поставленої мети було встановлено та реалізовано такі заходи:

- Вивчення та систематизація теоретичного матеріалу на тему якості електроенергії, вимог до проектованої СМКЕ, вивчення чинних стандартів та оцінка якості електроенергії в Україні;
- Вивчення методів вимірювання електричних параметрів приєднань та статистичної обробки даних, реалізованих у лічильниках-вимірювачах BINOM3;
- Розробка структурної схеми СМКЕ згідно з вимогами ДСТУ EN 50160:2014;
- Перевірка вимірювальних трансформаторів струму;
- Загальна оцінка надійності проектованої системи.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

1. **Драко Н. О. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ СІМЕЙСТВА КОМПАКТНИХ ГАЗОРОЗРЯДНИХ ЛАМП ТА СВІТЛОДІОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ** 229-230 с. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКОВО-ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ НАУКОВО- ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ, ДОКТОРАНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ФАКУЛЬТЕТУ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 року м. Житомир
2. **Драко Н. О., Кашапов Б. О., Марчук В.О. ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ОДИН З СПОСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ** 222-223 с. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКОВО-ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ НАУКОВО- ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ, ДОКТОРАНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ФАКУЛЬТЕТУ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 року м. Житомир
3. **Закаталов К. М., Драко Н. О. ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ КОРОННИЙ РОЗРЯД** 224-225 с. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКОВО-ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ НАУКОВО- ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ, ДОКТОРАНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ФАКУЛЬТЕТУ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 31 жовтня 2024 року м. Житомир

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

1.1 Вплив якості електроенергії на характеристики електропостачання

Якість електричної енергії (ЯЕ) – набір властивостей електричної енергії, що дозволяють нормально працювати в електроенергетичній системі та споживачам.

Надійність електропостачання та робота обладнання без перебоїв безпосередньо пов'язані з якістю електроенергії. Погана якість електроенергії призводить до технічних та технологічних проблем, економічних втрат та загрози для життя та здоров'я людей. У зв'язку з цим, споживачі ставлять дедалі вищі вимоги до якості та надійності. Мережеві компанії зацікавлені визначити причини та відповідальних за погану якість електроенергії.

Через погану якість електроенергії збільшуються додаткові витрати у споживачів, за рахунок цього зростають вимоги до якості та надійності. Встановити причину проблем з якістю електроенергії для електромережових компаній є питанням номер один, для цього вживають усіх необхідних заходів.

Контроль якості електричної енергії вимагає, щоб показники якості чітко відповідали нормам та стандартам якості. Виникають випадки, що вимагають додаткового аналізу для визначення винних сторін та виявлення причин поганих показників.

«Визначення ПКЕ завдання нетривіальне. Це тому, що більшість процесів, що протікають в електричних мережах – швидкоплинні, всі нормовані показники якості електричної енергії не можуть бути виміряні безпосередньо – їх необхідно розраховувати, а остаточний висновок можна дати лише за статистично опрацьованими результатами. Тому для визначення ПКЕ необхідно виконати великий обсяг вимірювань з високою швидкістю та одночасною математичною та статистичною обробкою вимірюваних значень [1].

Якість електроенергії в мережі взаємопов'язана з рівнем споживаної реактивної потужності та величиною електричних втрат, що витрачаються на нагрівання обладнання. При позитивному відхиленні напруги споживана електроприймачами потужність збільшується. Коли ж має місце негативне відхилення напруги, то величина потужності, що споживається, зменшується.

Недоліки високого рівня напруги спричиняють додаткові витрати, які перекладаються на споживачів електричної енергії. Високий рівень напруги викликає сильний знос ізоляції кабелів і устаткування, що дуже витратно для мережевих підприємств і споживачів[2].

Електроенергія є не тільки фізичним явищем, з розвитком ринкових відносин в електроенергетиці електроенергія є ще й товаром, що має високу якість і відповідає всім вимогам на ринку.

1.2 Нормативна база з якості електроенергії

Основні показники якості електроенергії (ПЯЕ)

Стандартом встановлюються наступні показники якості електроенергії (ПКЕ):

- усталене відхилення напруги dU_y ;
- розмах зміни напруги dU_f ;
- доза флікер P_t ;
- коефіцієнт спотворення синусоїдної кривої напруги K_u ;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги K_u ;
- коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю K_{2u} ;
- коефіцієнт несиметрії напруги за нульовою послідовністю K_{0u} ;
- відхилення частоти Δf ;
- тривалість провалу напруги Δt_n ;
- імпульсна напруга U_{imn} ;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{пер} U$.

Кількісні характеристики якості електроенергії виражаються через відхилення напруги та частоти, варіації напруги та частоти, коефіцієнта

несинусоїдальності кривої напруги та коефіцієнта асиметрії напруги основної частоти.

Відхилення частоти - це різниця між фактичним і номінальним значенням основної частоти, усереднена за 10 хвилин. Відхилення частоти від номінального значення під час нормальної роботи допускається в межах $\pm 0,1$ Гц.

Короткочасні відхилення можуть досягати $\pm 0,2$ Гц. Варіація частоти - це різниця між найбільшим і найменшим значеннями основної частоти в процесі досить швидкої зміни параметрів режиму, коли швидкість зміни частоти становить не менше 0,2 Гц в секунду. Варіація частоти не повинна перевищувати 0,2 Гц за межами допустимого відхилення 0,1 Гц. Коливання напруги оцінюються наступними показниками:

1) Розмахом зміни напруги δU (див. Рисунок 1.), тобто різницею між найбільшим і найменшим діючими значеннями напруги в процесі досить швидкої зміни параметрів режиму, коли швидкість зміни напруги не менше 1% в секунду.

2) Частотою змін напруги (1 / с, 1 / хв., 1 / г.).

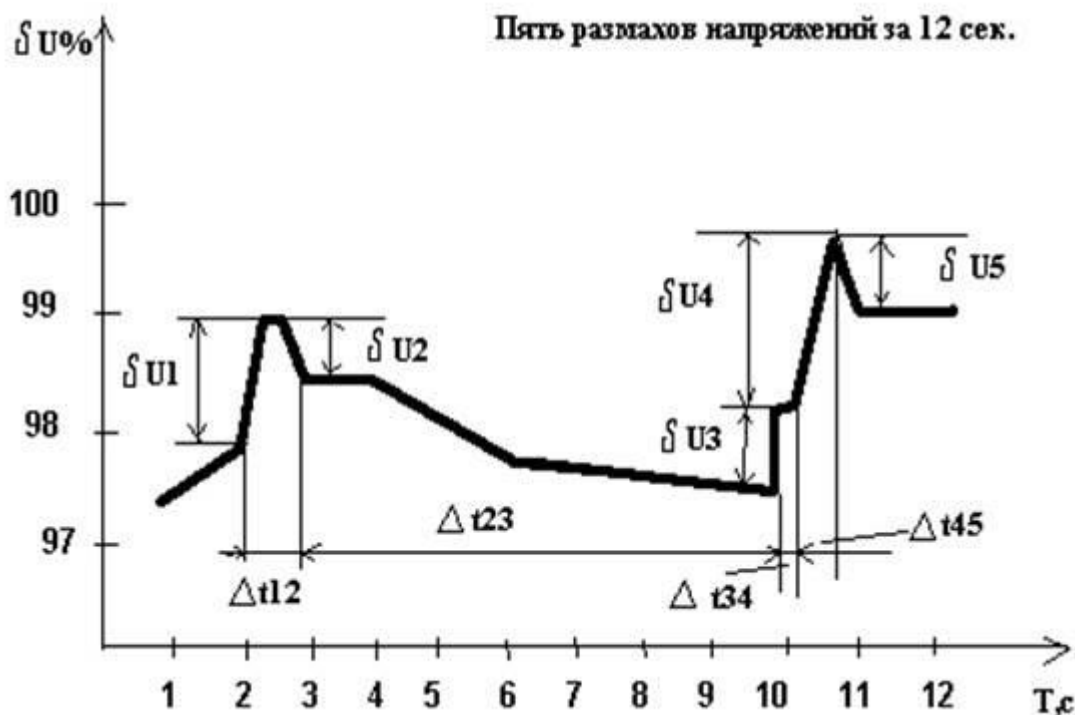


Рисунок 1. Розмах зміни напруги.

3) Інтервал між наступними один за одним змін напруги. Dtk_j

Несинусоїдальність напруги мережі характеризується коефіцієнтом несинусоїдальності (спотворення) кривої напруги.

Під несиметрією напруги розуміють нерівність фазних або лінійних напруг за амплітудою і кутах зсуву між ними.

Фізичний сенс і нормування значення показників якості електроенергії, згідно з ГОСТ 13 109-97.

Нормування значень показників якості електроенергії є одним з основних завдань проблем якості електроенергії. Система показників якості електроенергії формується кількісними характеристиками повільних (девіація) та швидких (варіація) вимірювань поточних значень напруги, їх форми та симетрії у трифазних системах, а також зміни частоти. Принципи стандартизації показників якості електроенергії за напругою ґрунтуються на технічних та економічних передумовах і полягають у наступному:

а) показники якості напруги мають енергетичний зміст. Тобто він характеризує потужність (енергію) спотворення кривої напруги і порівнює ступінь негативного впливу енергії спотворення на електрообладнання та технологічні процеси зі значенням показника якості електроенергії;

б) гранично допустимі значення показників якості електроенергії обираються з технічних та економічних міркувань;

в) показники якості електроенергії нормалізуються через регулярні часові інтервали з постійною ймовірністю для отримання надійних і порівнянних значень;

г) допустимі значення показників якості електроенергії вказані на клеммах блоку живлення вузла електромережі.

В Україні прийнято стандарт ГОСТ 13109-97 «Норми якості електроенергії для систем електропостачання загального призначення». Цей стандарт приймає як допустимі значення показників якості електроенергії, в основному рівні електромагнітної сумісності СЕС, які описані в публікаціях МЕК як рекомендації для розробки національних стандартів.

Згідно з ГОСТ 13109-97, системи ЕМС при живленні від мереж трифазного струму формуються відхиленням напруги, діапазоном зміни

напруги (амплітудою FF), інтенсивністю (дозою) мерехтіння, коефіцієнтом синусоїдальних спотворень лінійної (фазової) кривої напруги, n-м коефіцієнтом VG, коефіцієнтом зворотної і нульової послідовності напруги, імпульсом напруги, коефіцієнтом тимчасових перенапруг, частотою сформовані відхиленнями.

Стандарт ГОСТ визначає два типи критеріїв якості електроенергії: нормативні та гранично допустимі значення. Оцінка відповідності показників якості електроенергії вимогам стандарту проводиться протягом 24 годин від розрахункового часу[3].

1.3 Міжнародна нормативна база з якості електроенергії

Якість електроенергії є ключовим аспектом, що забезпечує ефективне функціонування електронних пристроїв і систем, а також сприяє сталому розвитку енергетичних ринків. У зв'язку зі збільшенням залежностей від електроенергії в різних секторах економіки, встановлення та дотримання міжнародних стандартів стає важливим завданням.

Міжнародна нормативна база з якості електроенергії включає в себе ряд стандартів і рекомендацій, розроблених такими організаціями, як Міжнародна електротехнічна комісія (IEC) та Інститут інженерів електротехніки та електроніки (IEEE). Найважливішими документами є IEC 61000, що охоплює електромагнітну сумісність, та IEEE 519, що встановлює норми щодо гармонійних спотворень.

Основною метою міжнародних стандартів є забезпечення надійності та стабільності електропостачання, а також захист обладнання від потенційних пошкоджень, викликаних коливаннями напруги, частоти та інших параметрів. Ці стандарти сприяють уніфікації вимог і дозволяють країнам налагоджувати ефективну співпрацю в сфері енергетики.

Існуюча нормативна база також підкреслює важливість моніторингу та аналізу якості електроенергії, що дозволяє не лише виявляти проблеми, але й розробляти заходи щодо їх усунення. Впровадження передових технологій, таких як інтелектуальні мережі, а також розвиток систем автоматизованого

управління якістю електроенергії, допомагає досягати сучасних стандартів і підвищувати загальну ефективність енергетичної інфраструктури.

Таким чином, міжнародна нормативна база з якості електроенергії є основою для забезпечення достовірності, надійності та високих стандартів у сфері електропостачання. В умовах глобальних викликів і стрімкого розвитку технологій важливість цих стандартів лише зростатиме, сприяючи подальшому прогресу та сталому розвитку в енергетичному секторі[4].

Висновки по розділу 1

Якість електроенергії (ЯЕ) має вирішальне значення для надійності енергосистеми та безперебійної роботи обладнання. Погана якість призводить до технічних, технологічних, економічних та медичних проблем. Споживачі вимагають найвищої якості та надійності, а енергокомпанії досліджують причини низького якості. Контроль якості вимагає дотримання норм та стандартів якості. Основні показники нестабільності включають відхилення напруги, діапазон зміни напруги, дозу флікера, коефіцієнт спотворення та відхилення частоти. Міжнародні нормативні документи, такі як ІЕС 61000 та ІЕЕЕ 519, забезпечують надійність, стабільність та захист обладнання. Моніторинг та аналіз еквалайзера має важливе значення для виявлення проблем та розробки рішень.

2. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

2.1 Економічні основи енергозбереження

Істотне збільшення споживання енергетичних ресурсів пов'язані з зносом і старінням устаткування підприємствах, споживають великі обсяги енергоресурсів.

Ці чинники підвищують собівартість продукції і є каталізатором постійного зростання витрат за енергетичні ресурси. Тому промисловим виробництвам необхідно постійно працювати над зниженням споживання енергоресурсів[1].

Дуже важливою умовою підвищення економічної ефективності та собівартості готової продукції, а також скорочення витрат є глибока модернізація виробничого процесу при використанні енергозберігаючих технологій на підприємстві. Підприємства хочуть знизити фінансові втрати і від цього немає економічних стимулів та інструментів, які допомагають в енергозбереженні, тому підприємства не зацікавлені проектування та подальшої реалізації планів та методів енергозбереження.

Фактори зазначені вище призводять до відсутності програм енергозбереження та часто розроблені для звітності формально.

Водночас, успішний розвиток методів енергозбереження в нашій економіці матиме позитивний ефект лише за комплексної реалізації, чітко спланованої, численних програм, впроваджуючи поступово на окремо взятих підприємствах, у різних галузях промисловості. Це вимагає розробки нових підходів, вивчення та подальше створення методичної та методологічної бази, що відповідають і що враховують поточні реалії в сучасних технологіях та враховують можливості сучасної техніки та обладнання.

Внаслідок відмови від впровадження енергозберігаючих заходів та технологій дуже негативно, а в деяких галузях фатально позначається на економічній складовій підприємства, завдаючи серйозних економічних втрат. А також, постійне збільшення витрат у промисловості негативно позначається на соціально-економічній ситуації та часто впливає на екологічну складову. Крім

того, брак та зростання цін на економічні ресурси перешкоджають впровадженню сучасних технологій на виробничих базах підприємств та уповільнюють розвиток вітчизняних науково-технічних досліджень у галузі енергозбереження.

Для того, щоб зберегти максимум доходу при плануванні енергозберігаючих заходів необхідно:

- підвищити енергетичну ефективність у виробничих витратах, що призведе до накопичення коштів на технічне обслуговування обладнання;
- покращити методи оцінки ефективності програм з енергозбереження з метою їх впровадження.

Впровадження спеціальних програм, що включають різні заходи, ретельно опрацьовані і спрямовані на вирішення конкретних проблем дають максимально позитивні результати в галузі енергозбереження на підприємствах. Насамперед слід визначити всі чинники, що впливають ефективність енергозбереження, необхідно визначити їх техніко- економічні показники, і навіть у другу чергу постає проведення класифікації об'єктів енергозбереження підприємства. Після всього перерахованого вище можна визначити низку факторів, які допоможуть розробити економічну модель енергозбереження для промислових підприємств.

Усі підприємства мають різні технологічні процеси, стадії виробництва, економічну ефективність, у кожного виробництва своя специфіка – все це має бути враховано у розробленій моделі енергозбереження.

Визначаємо та розбиваємо підприємство на зони енергозбереження:

- основне виробництво;
- допоміжне виробництво;
- опрацювання та модернізація;
- постачання та ремонт;
- логістика;
- інші зони підприємства.

Енергозберігаючу програму потрібно впроваджувати, враховуючи всі перераховані вище зони енергозбереження.

У вітчизняній та світовій промисловості раціональному використанню енергетичних ресурсів віддається велика увага та ведуться активні наукові розробки.

Процеси, що впливають на загальноекономічні фактори та умови:

- адміністративно-законодавчі процеси;
- закони, що діють у цьому регіоні;
- економічні процеси;
- соціальні процеси;
- наявність та доступ до наукових процесів;
- наявність та доступ до технічних процесів;
- екологічні процеси.

Досягнення позитивних результатів виявляємо основні чинники, важні елементи для правильного впровадження енергозберігаючих заходів на промислових підприємствах.

«Основні фактори енергозбереження у різних економічних умовах, що впливають на енергозбереження:

- Техніко-технологічні фактори - це технологічна база, постійне покращення технологій та постійне покращення роботи обладнання.
- Законодавчі та нормативні фактори – це вдосконалення законодавчої та нормативної бази.
- Інформаційно-аналітичні фактори – це оперативність обробки, передачі та збору даних, якість алгоритмів аналітичних програм, оперативність проведення аналізу.
- Фінансово-економічні фактори - це обсяг власних засобів, можливість залучення позикових коштів, необхідний рівень фінансових вкладень, економічна обґрунтованість фінансування енергозберігаючих заходів.
- Мотиваційні та стимулюючі фактори - наявність економічної та іншої зацікавленості персоналу.

Перша група факторів відображає техніко-технологічні підходи енергозбереження та є відображенням стану технологічної та технічної баз підприємства.

Дуже часто на велику кількість підприємств використовується старе обладнання, що дуже ускладнює реалізацію енергозбереження.

Дані підходи є технологічним енергозбереженням та оцінюються кількісно.

Друга та третя групи факторів відображають організаційні підходи, реалізація яких потребує вивчення сучасної нормативно-правової бази енергозбереження. І має бути на всіх державних рівнях.

Інформаційне забезпечення енергозбереження необхідне прийняття адекватних управлінських рішень, вкладених у підвищення енергетичної ефективності промислових підприємств[4].

Четверта та п'ята група факторів відображають соціально-економічні фактори, які пов'язані на обсяги наявних власних коштів та доступність позикових коштів.

Не завжди і не для всіх груп можна чітко проаналізувати ефективність, що в результаті є наслідком недостатності обліку всіх факторів та застосування їх на виробництвах.

Використовуються мало- та середньо витратні заходи, які показують організаційні та соціально-економічні методи енергозбереження, що впливають на реалізацію технічних та технологічних методів.

До позитивних методів зниження енергоємності продукції можна віднести структурну перебудову економіки та виробничо-технологічних процесів конкретного підприємства

Виявляються також фактори активної та пасивної форми, які ґрунтуються на результаті різних комбінацій.

Активна форма знижує витрату енергоносіїв на одиницю продукції внаслідок зниження його матеріаломісткості, переходом на нові технології або внаслідок прямої заміни більш енергоємних видів продукції менш енергоємними тощо. Цю групу чинників слід зарахувати до чинників науково-технічного прогресу.

Пасивна форма економії енергії ґрунтується на збільшенні виробництва менш енергоємної продукції у загальному її обсязі, без зміни питомої енергоємності, на вдосконаленні логістичних схем транспортування енергії та розміщення продуктивних сил на території країни, що дозволяє віднести ці фактори до організаційних.

Остання група чинників поєднує соціальні, екологічні та політичні чинники, що впливають на енергозбереження.

Попит на енергоносії, як показав аналіз джерел, визначається економічним зростанням та добробутом суспільства, рівнем плати за забруднення навколишнього середовища, енергетичною стратегією держави[5].

2.2 Способи зниження споживання електроенергії

У сучасному світі з кожним роком з'являються нові технології, які позитивно впливають на економічну складову енергозберігаючих технологій. На сьогоднішній день ще досить висока ціна на світлотехнічну продукцію. Але масове впровадження енергозберігаючих світильників вигідне на довгострокову перспективу.

Великою перевагою в даний час є використання сучасних технологій, які забезпечують суттєву економію коштів на електрику та обслуговування, наприклад, значно збільшується рівень освітленості[6].

2.3 Приклади впровадження енергозберігаючих технологій

2.3.1 Енергозберігаючі технології на основі сімейства компактних газорозрядних ламп

Розглянемо приклад впровадження енергозберігаючих технологій на основі сімейства компактних газорозрядних ламп.

Мінуси:

- сильний зовнішній звук пуск регулюючої апаратури;
- постійне мерехтіння світла;

- довге повторне включення лампи поки температура не прийде в норму.

Плюси:

- висока яскравість, відповідно збільшення площі освітлення та якості освітлення;
- немає втрат у випромінюванні весь термін служби;
- великий термін служби якщо порівнювати з галогенними лампами та лампами розжарювання;
- висока ефективність, як наслідок – зниження витрат на експлуатаційні витрати;
- невеликі розміри.

Колір випромінювання: від нейтрально білого до жовтого.

Області використання – зовнішнє освітлення: вулиці, дороги, площі, тунелі, аеродроми, будівельні майданчики, архітектурні споруди, аеропорти, залізничні вокзали, виробничі та складські приміщення тощо.

Газорозрядні лампи класифікуються на металогалогенні, ртутні та натрієві лампи[6].

2.3.2 Освітлення на основі світлодіодних технологій

Впровадження світлодіодів на сьогоднішній день-це найефективніший і найперспективніший напрямок у освітленні.

Світлодіод - це напівпровідниковий джерело світла, яке випромінює світло при протіканні через нього струму.

Світлодіодні світильники не вимагають спеціальних умов з обслуговування та утилізації, вони мають високу економічність енергоспоживання і є екологічно чистими. Безперервний термін служби світлодіодного світильника становить щонайменше 80 тис. годин, що значно виграє перед лампами розжарювання.

Висновки по розділу 2

Розробка та впровадження нових технологій у системах висвітлення суттєво збільшує позитивний економічний ефект.

В даному розділі розглянуто приклад впровадження енергозберігаючих технологій на прикладі вуличного освітлення. Навіть тут впровадження енергозберігаючих технологій у довгостроковій перспективі дає економію коштів у понад 50%.

Комплексне використання сучасного енергоекономного устаткування дасть колосальні плюси промисловим підприємствам і значно знизити собівартість кінцевої продукції [7] .

Щоб отримати максимально позитивні показники енергозбереження підприємства впроваджують програми енергозбереження.

Вони складаються з численних заходів, які глибоко опрацьовані та націлені на проблемні галузі. Впровадження спеціальних програм, що включають різні заходи, ретельно опрацьовані і спрямовані на вирішення конкретних проблем дають максимально позитивні результати в галузі енергозбереження на підприємствах. Потрібно виявити фактори, які негативно впливають на ефективність енергозбереження, необхідно визначити їх техніко-економічні показники, а також не менш важливим є проведення класифікації об'єктів енергозбереження підприємства. Після цього можна буде визначити фактори, які будуть корисні для розробки економічної моделі енергозбереження на промислових підприємствах.

3. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

3.1 Підвищення коефіцієнта потужності

В даний час компенсація реактивної потужності (КРМ) є найпростішим і найдешевшим способом збільшення енергоефективності електричних мереж. Високий вміст вищих гармонійних складових у мережі підприємства знижує коефіцієнт потужності, що приводить до перегріву та обумовленому цим передчасному старінню ізоляції та виходу з ладу елементів СЕС, хибним спрацьовуванням захистів, перебоям у мережі роботи комп'ютерного обладнання тощо. Компенсація реактивної потужності (РМ) і фільтрокомпенсуючі пристрої дозволяють вирішувати зазначені вище проблеми [7].

Принцип дії КРМ показано на рисунку 2.

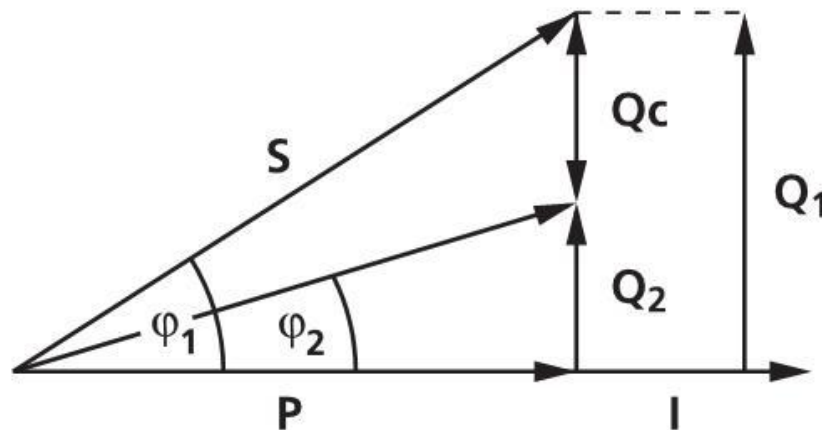


Рисунок 2.—Принцип дії КРМ

Очевидно, що при використанні конденсаторів з реактивною потужністю Q_c величина споживаної реактивної потужності (Q_1) падає до значення Q_2 . При цьому зменшується величина повної споживаної потужності S , а енергоефективність електроустановки зростає.

Однією з основних умов встановлення пристроїв КРМ є необхідність реалізації з боку споживачів реактивної потужності. При цьому є можливість знизити навантаження на трансформатори, мережі та розподільні пристрої.

У тому випадку, якщо межа балансової приналежності проходить високою стороною, впровадження КРМ на високій стороні є помилковим. Для досягнення поставленої мети на підприємстві-замовнику проводяться необхідні виміри приладами – аналізаторами електроспоживання[8].

Економічний ефект від впровадження КРМ на підприємстві може розраховуватися за декількома напрямками, але в будь-якому випадку він буде довготривалим.

- Зниження платежів за реактивну потужність (за наявності) - Прямий ефект;
- зниження завантаження живильних ліній та трансформаторів у мережі – непрямий ефект, що виражається у можливості використання додатково звільненої активної потужності при розширенні виробництва;
- зниження втрат у живильних лініях і трансформаторах – опосередкований ефект виявляється у зниженні споживання активної потужності і, як наслідок, у частковому зниженні платежів за електроенергію[9,10].

3.2 Зниження втрат електроенергії на освітлення

Енергозберігаючі технології, які відповідають усім сучасним вимогам щодо інновації та передових технологій. Дають колосальний ефект, що позитивно впливає на економіку. Сьогодні освітлення світлодіодними джерелами світла є найбільш енергоефективним. Найважливіший момент – це зниження споживання електроенергії за рахунок впровадження передового освітлювального обладнання, а не лише за рахунок сучасних систем освітлення.

Питання зниження вартості електроенергії для населення у житлово-комунальному господарстві вважається несуттєвим, враховуючи зростання тарифів на комунальні послуги

Світлодіодне освітлювальне обладнання сьогодні має технічну перевагу у постановці цих цілей [11].

Основними перевагами джерел світла, заснованих на світлодіодних технологіях, є:

- Низьке енергоспоживання. Порівняно з іншими джерелами світла світлодіодне освітлення дозволяє знизити енергоспоживання у 3-10 разів. Отже, аналогом лампи розжарювання потужністю 60 Вт буде люмінесцентна лампа потужністю 13,5-15 Вт або світлодіодна лампа потужністю всього 6 Вт» [24].
- Велика світловіддача;
- Довговічність.

Типові характеристики джерел освітлення наведені у таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 - Світловіддача

Тип джерела освітлення	Світловий потік та споживана потужність,
	лм/Вт
Світлодіоди	50–110
Лампи розжарювання	10–15
Компактні люмінесцентні лампи	55–70
Металогалогенні лампи	70–90

Таблиця 2 - Строк служби

Тип джерела освітлення	Термін служби, годин
Світлодіоди	від 50 тис. до 100 тис.
Лампи розжарювання	1 тис.
Галогенова лампа	2 тис.
Компактні люмінесцентні лампи	від 5 тис. до 10 тис.
Металогалогенні лампи	10 тис.

Світлодіодне освітлення – це енергоефективне рішення, яке має низку переваг. По-перше, воно споживає менше енергії, якщо порівняти з іншими типами освітлювальних приладів, що може знизити витрати на електроенергію та зробити його економічно вигідним у довгостроковій перспективі. Крім того, при встановленні світлодіодних систем освітлення потрібно використовувати проводи та кабелі меншого розміру через їхнє низьке енергоспоживання та

необхідність у меншому електричному підключенні порівняно з іншими джерелами світла. Це дозволяє заощадити на матеріалах та монтажі. Ще однією перевагою світлодіодного освітлення є можливість використання існуючої інфраструктури. При заміні старих ламп на світлодіодні світильники можна значно збільшити яскравість освітлення, додавши більше світильників. Це особливо корисно, якщо потрібне яскравіше освітлення певних об'єктів чи приміщень. Крім того, світлодіоди мають тривалий термін служби, що означає, що необхідність заміни ламп суттєво знижується. Це дає зменшити витрати на купівлю нового обладнання та оплату технічного обслуговування. Це особливо важливо, якщо лампа встановлена у важкодоступних місцях, де заміна ламп є складним завданням. Крім економії енергії, світлодіодне освітлення також дозволяє перерозподілити електричну потужність, що вивільнилася, на інші потреби. Це може бути особливо корисним для підприємств або організацій, які потребують додаткової енергії для своїх процесів або обладнання. В цілому, світлодіодне освітлення є економічно ефективним та зручним рішенням, яке дозволяє заощадити енергію, знизити витрати на обслуговування та покращити освітленість об'єктів. Воно також дозволяє перерозподілити електричну потужність, що вивільнилася, на інші потреби, що робить його привабливим вибором для різних застосувань.

Сучасні світлодіодні світильники мають низку переваг у порівнянні з традиційними газорозрядними лампами. Одне з важливих переваг – знижуючи напругу живлення можна регулювати яскравість. Відповідно до СНП, світлодіодне освітлення на вулиці може бути знижено на 30 – 50% у нічний час, такої функції не мають традиційні газорозрядні лампи.

Працюють вони від напруги від 120 до 280 вольт, та коливання напруги впливає на роботу. Це означає, що світлодіоди забезпечують стабільне та надійне освітлення навіть при нестабільності електропостачання. Тому світлодіодні світильники мають довгий термін служби та високу енергоефективність.

Вони споживають набагато менше електроенергії в порівнянні з традиційними лампами, що дозволяє знизити енерговитрати та знизити навантаження на електромережу. Завдяки своїй ефективності, світлодіодні світильники допомагають знизити викиди вуглекислого газу та охороняти навколишнє середовище.

Широкий температурний діапазон, експлуатація в температурному діапазоні від -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Системи освітлення, розташовані поза приміщеннями, не залежать від погодних та температурних умов, у тому числі при включенні в нічний час.

Світлодіодні світильники мають миттєве запалювання та здатність перейти в робочий режим при подачі живлення, що є відмінною рисою в порівнянні з люмінесцентними лампами, денними ходовими вогнями та натрієвими лампами. Максимальна швидкість реакції, наприклад, при використанні освітлення рекламних щитів робить світлодіодне освітлення незамінним.

До зовнішнього впливу світлодіодні лампи дуже стійкі. Відсутність нитки розжарювання дає світлодіодам високу вібростійкість механічну міцність. Також світлодіодне освітлення виготовляється з різним ступенем захисту від пилу та вологи та ударних навантажень.

Такими перевагами колірної температури, що має спектри від теплого білого до холодного білого обдає світлодіодне освітлення. Це перевага для споживачів, що дозволяє універсально використовувати світлодіоди у приміщеннях та у вуличному освітленні. Економія енергії досягається плавною зміною швидкості приводу у широкому діапазоні.

У таблиці 3 наведено приклади колірної температури найбільш поширених джерел освітлення.

Таблиця 3 – Колірна температура

Тип джерела освітлення	Колірна температура, К
Світлодіоди	від 2600 до 10000
Світло полум'я свічки	2000
Лампа розжарювання	2360
Пряме сонячне денне світло	5500
Люмінесцентні лампи	від 2700 до 6500

Висока контрастність світла грає величезну роль при висвітленні всієї інфраструктури населення.

Світлодіодне освітлення дає високу перенесення кольорів, що в свою чергу забезпечує комфортну умову для людського зору.

Індекс кольору:

- світлодіодне освітлення - 75-85;
- лампи розжарювання - 68;
- люмінесцентні лампи - 60-90;

Для навколишнього середовища світлодіодне освітлення абсолютно нешкідливе, воно не має ртуті, на відміну від звичайних люмінесцентних ламп, на їхню утилізацію не потрібно додаткових коштів.

Висока надійність світлодіодних освітлювальних приладів обумовлена їх низькою напругою (вони належать до низьковольтних пристроїв) та відсутністю ризику навантаження мережі. Крім того, у них немає низькочастотних пульсацій, що спостерігаються в люмінесцентних та газорозрядних лампах. Світлодіоди не викликають електромагнітних перешкод, а спектр їхнього випромінювання не містить ультрафіолетових та інфрачервоних складових. Низьке енергоспоживання та низьке тепловиділення світлодіодних ламп, що працюють у цих частинах спектру, забезпечують високий рівень пожежної безпеки.

Велике значення має і те, що світлодіодне освітлення абсолютно безшумне, на відміну від люмінесцентних ламп. Тому вони ідеально підходять для використання у громадських будинках, у житлових приміщеннях та в інших місцях.

З допомогою контролера та диммера можна отримувати світлодіодне освітлення різних відтінків і кольорів без використання колірного фільтра, що неможливо при використанні інших джерел штучного світла [28], [29]. Плавні зміни яскравості та кольору є додатковим бонусом.

Для досягнення максимальної енергоефективності необхідно встановити реле для автоматизації управління освітленням[11].

3.3 Мінімізація втрат на ЛЕП

Значні електричні навантаження сприяють збільшенню електричних (ЕП) втрат у лініях електропередачі (ЛЕП), що призводить до додаткових економічних витрат на роботі СЕС. Підвищені втрати електричної енергії також здатні збільшити нагрівання лінії електропередачі, що може прискорити старіння ізоляції проводів та кабелів, а також призвести до інших небажаних наслідків. Щоб зменшити втрати електроенергії на лініях електропередачі необхідні такі заходи як:

- Підвищення енергоефективності кінцевого споживача;
- Правильний вибір перерізу провідників відповідно до економічної щільності струму;
- Скорочення загальної довжини передавальної мережі та ЛЕП;
- Правильний вибір перерізу провідників з урахуванням можливості появи додаткових навантажень» [18].

3.4 Енергозбереження електроспоживачами

Для підвищення загальної енергоефективності систем енергопостачання вважається найкращим, якщо використовувати електрообладнання, що відповідає сучасним вимогам щодо енергоспоживання. Енергоефективність силових електроустановок з асинхронним електроприводом зростає за рахунок використання частотного регулювання.

В системах електропостачання житлових, муніципальних, комерційних та соціальних будівель найбільш енергоємними силовими електроустановками,

Найчастіше працюючими безперервно, є потужні електроприводи систем вентиляції і водопостачання.

Підвищення енергоефективності різних видів технологічної діяльності в даний час є важливим напрямом розвитку в галузі електроенергетики та електротехніки. Ця ситуація пов'язана із збільшенням «вартості електричної енергії, зменшенням запасів традиційних невідновлюваних джерел енергії та

посиленням екологічних умов для процесів генерації, перетворення та передачі енергії [12].

Системи примусової вентиляції з електроприводом (ЕВ) використовуються в усьому світі на підприємствах різних галузей промисловості, а також для адміністративних, соціальних, побутових та інших цілей. З іншого боку, класичним способом управління повітряним потоком і інтенсивністю вентиляції є використання шибєрних заслінок. Однак, незважаючи на те, що цей метод є недорогим та простим у реалізації, насправді він призводить до величезних втрат енергії, а також суттєво знижує ефективність роботи вентиляційної системи загалом.

Сьогодні в ВКВ широко використовуються трифазні асинхронні двигуни, це обумовлено їх надійністю, високим ККД, простотою та низькою вартістю. Розглянемо схему визначення потужності ЕП вентилятора (рисунок 2).

Вибір потужності вентилятора СВ повинен проводитись з невеликим запасом. На рисунку 2 показано, що крива вентилятора є припливною частиною СВ та показує залежність між рівнем нагнітання та витратою повітря. У свою чергу, криві систем, що споживають частину СВ, вона показує цю залежність, але показує її у дзеркальному напрямку. При забезпеченні необхідних витрат і тиску повітря ці криві перетинаються в оптимальній точці.

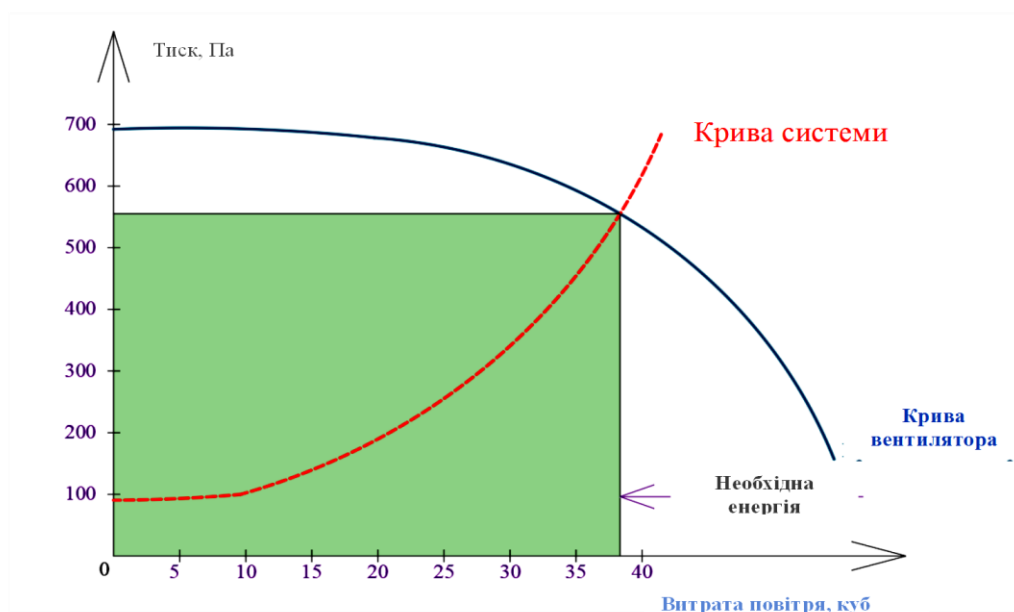


Рисунок 4. – Визначення необхідної потужності електроприводу вентилятора

Проте цей режим роботи СВ має обмежену інтенсивність, і в інших режимах СВ, де використовуються демпфери (рисунок 3), рідка спостерігається створення вентилятором надлишкового тиску, що призводить до невиправданих втрат енергії» [15].

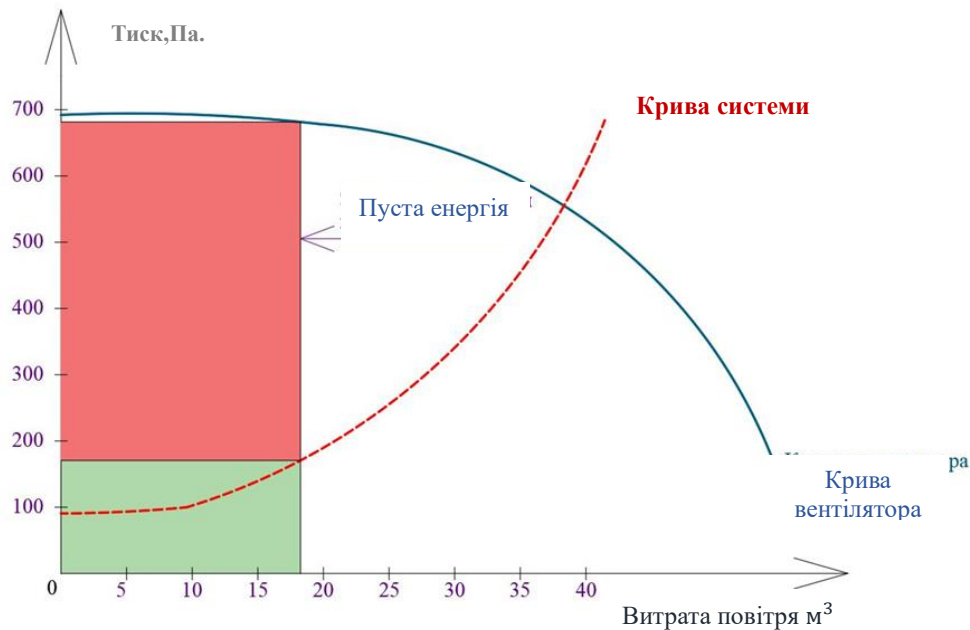


Рисунок 3. – Енерговитрати при регулюванні із застосуванням демпфера.

Ми докладно проаналізуємо ефективність використання енергії ЧР у системах вентиляції: транзисторні перетворювачі частоти (ПЧ) на основі бази IGBT-транзисторів, вважаються прогресивними енергоефективним типом перетворювача частоти для асинхронного електроприводу.

Через зниження швидкості обертання приводу та інтенсивності вентиляції, застосування ПЧ дозволяє адаптувати «криву вентилятора» до «кривої системи», прививши до мінімуму втрати енергії. Таким чином, можна досягти високої економії енергії порівняно з керуванням заслінкою. Економія енергії досягається плавною зміною швидкості приводу в широкому діапазоні, що дозволяє мінімізувати витрати енергії на підтримку необхідного тиску в конкретному режимі роботи системи вентиляції (Рисунок 4).

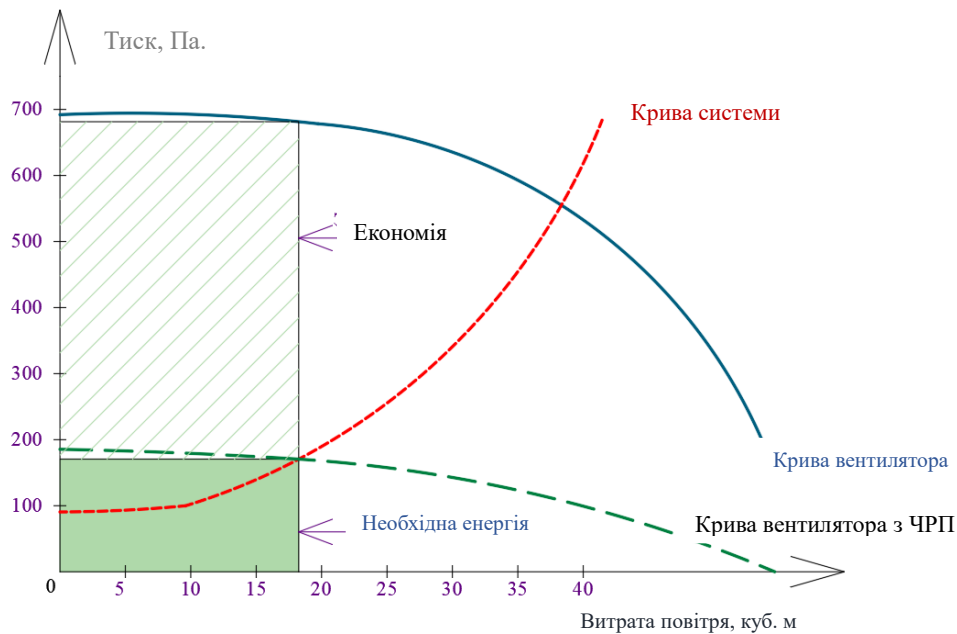


Рисунок 5. – Економія енергії при частотному регулюванні

Виділимо переваги частотного регулювання СВ:

- Максимальна ефективність та енергозбереження;
- Мінімальні витрати на споживання електроенергії;
- Підтримка необхідного тиску повітря у системі;
- Живлення може подаватися від однофазної мережі напругою 220 вольт.
- Плавний запуск, зупинка та зміна частоти обертання двигуна зменшують втрати повітря та ще більше підвищують енергоефективність.

Згідно зі статистикою, використання сучасних перетворювачів на основі біполярних транзисторів із ізольованим затвором (IGBT) у системах вентиляції та водопостачання дозволяє заощадити в середньому близько 15,4% енергії порівняно з керуванням шибєрними затворами. Крім того, для усунення деяких недоліків асинхронних електроприводів розглядається можливість прямого підключення до них IGBT без зміни параметрів напруги живлення [13].

3.4.1 Оптимізація пускових характеристик асинхронних електродвигунів

Запатентоване технічне рішення розроблено для отримання асинхронних приводів з максимальним пусковим моментом при мінімальному струмі.

Рішення оптимізує магнітний потік шляхом безперервного моніторингу робочих параметрів приводу та регулювання параметрів живлення для мінімізації теплових втрат. Оптимізація магнітного потоку для двигунів із класами ізоляції В та F показана на рисунку 5.

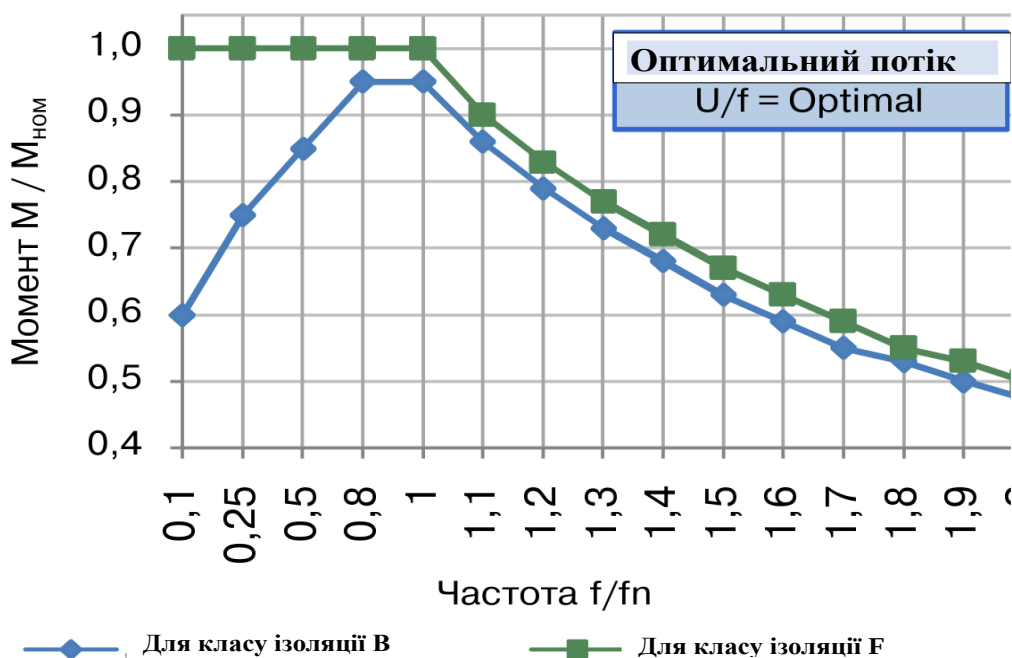


Рисунок 6. – Оптимізація магнітного потоку для електродвигунів

Під час запуску двигуна, щоб отримати достатній пусковий момент, необхідно збільшити щільність магнітного потоку. При цьому частота напруги вибирається дуже низькою (порядку 0,1- 0,2 Гц), щоб мінімізувати втрати. Таким чином, можна запустити двигун з максимальною напругою і струмом, а значить, і з максимальним моментом, що крутить. Таким чином, вибирається оптимальне співвідношення напруги і частоти (U/f) джерела живлення двигуна: згідно з частинами 30 і 31 стандарту NEMA MG1, пусковий момент повинен становити не менше 140% від номінального крутного моменту, а струм - не менше 150% від номінального струму .

Оптимізація магнітного потоку мінімізує пусковий струм асинхронного приводу, за рахунок цього підвищується пускова ефективність двигуна та знижується генерація шкідливих гармоніки напруги, які знижують загальну енергоефективність мережі [14].

3.5 Енергозбереження засобами релейного захисту та автоматики

При проектуванні систем електропостачання (СЕС) для різних установок, а також при реконструкції чи модернізації існуючих СЕС одним із найбільш актуальних завдань є максимальне підвищення енергоефективності та автоматизація систем керування електроспоживачами (ЕП). Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання програмованого реле»[15], «які дозволяють оптимізувати роботу об'єктів ЕП та СЕС відповідно до необхідних технічних умов з урахуванням максимальної енергоефективності, автоматизації, ергономічності та зручності експлуатації електроустаткування.

Програмоване реле – це сучасний електронний цифровий модуль, що дозволяє гнучко та точно програмно конфігурувати режими роботи підключених блоків живлення та ланцюгів керування. Області застосування програмованих реле:

- зовнішнє освітлення;
- внутрішнє освітлення;
- комерційне висвітлення;
- компресори;
- насоси;
- вентилятори;
- кондиціонери;
- обігрівачі;
- керування іншим технічним електрообладнанням;
- управління електроприводами дверей, воріт, ліфтів, підйомників та інших ЕП, придатних для програмованих реле та паспортних даних за робочими параметрами (струм, напруга тощо).

К основному модулю програмованого реле можуть бути підключені різні виносні датчики, що гарантують управління за допоміжними характеристиками та коригують режим роботи програмованого реле:

- залежно від часу доби, робочого часу чи інших часових інтервалів;

- за показаннями датчиків (по тиску, освітленості, температурі, звуку, наявності предметів тощо).

Нині ряд провідних виробників електроустаткування випускає різні програмовані реле. Однією з прикладів є реле Siemens LOGO PR з модулем розширення (рисунок 6)[15].

Розглянемо можливість використання програмованого реле (рисунок 7, 8) для автоматизації системи управління та підвищення енергоефективності для різних споживачів енергії (підключення Siemens LOGO PR та освітлення)

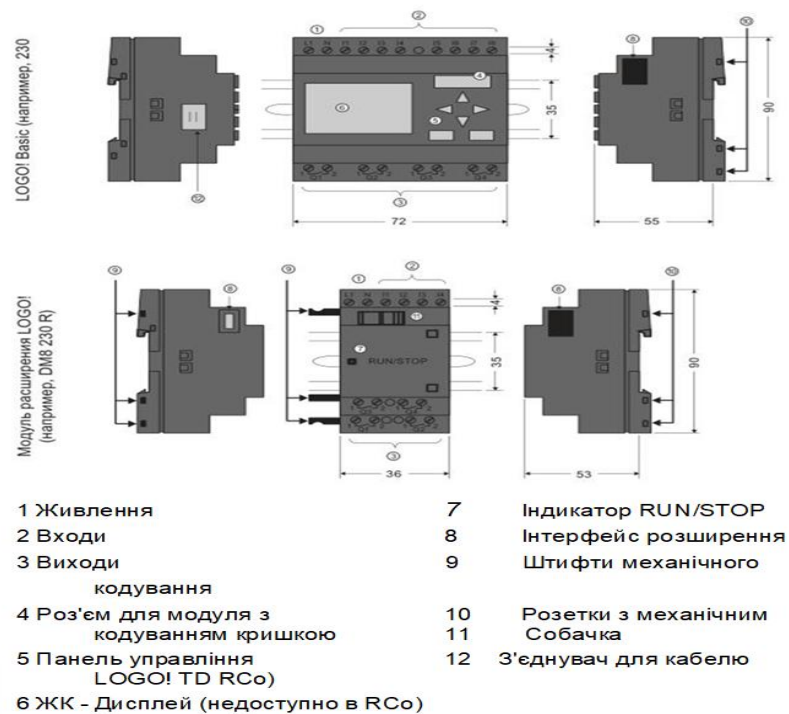


Рисунок 7. – Зовнішній вигляд програмованого реле Siemens LOGO

Принцип роботи програмованого реле показано малюнку 7.

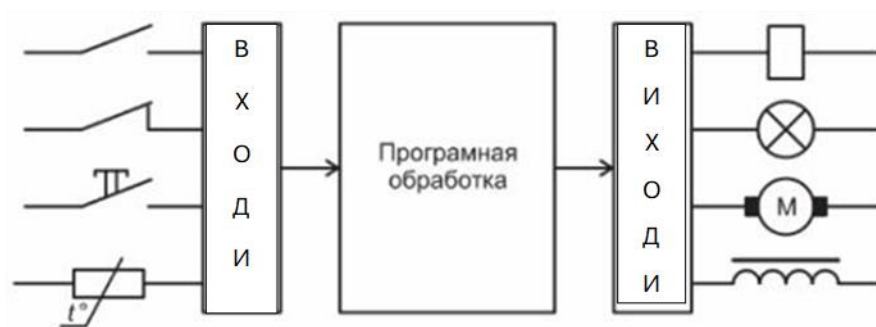


Рисунок 8. – Принцип роботи програмованого реле

3.6 Вплив технічного обліку електроенергії на енергоефективність систем електропостачання

Для внутрішніх потреб підприємств та інших установ використовується технічний облік електроенергії, що дозволяє спростити режими споживання енергії на виробничих об'єктах з метою досягнення максимальної енергоефективності основних виробничих процесів. Сьогодні для цих цілей успішно використовуються системи автоматичного обліку електроенергії (АСКОЕ). Використання АСТУ сьогодні також дає можливість ефективно координувати єдиний процес споживання електроенергії на підприємствах і операційні процеси системи електропостачання, що дає можливість застосовувати більш низькі ціни на електроенергію. Також можливий безперервний контроль енергоспоживання виробничих ділянок, окремих технологічних ліній та електрообладнання (ЕО), а також обладнання системи електропостачання (СЕС) підприємства з метою своєчасного виявлення ненормальних режимів роботи виробництва. Таким чином, існує можливість своєчасного запобігання негативним наслідкам, пов'язаним з аваріями, несправністю обладнання або технічним припиненням виробничого процесу. Крім того, в програмному забезпеченні АСТУ інформація про показання лічильників електроенергії та режими роботи обладнання безперервно архівується та подається в єдину цифрову мережу підприємства. У зв'язку з цим питання впровадження АСТУ вважається важливим і фундаментальним на передових підприємствах [15].

Слід відрізнити АСТУ від Автоматичної системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). У таблиці 6 наведені показники для АСТУ і АСКОЕ.

Відмінності між АСТУ і АМР повинні бути враховані при проектуванні цих систем.

Збираючи статистичні дані про споживання електроенергії АСТУ, підприємства можуть безпечно вживати заходів щодо оптимізації режиму роботи виробництва свого електрообладнання відповідно до графіка роботи енергосистеми.

Таблиця 4 – Порівняння ASTUE і АСКОЕ

Показники	АСТУ	АСКУЕ
Основна мета створення	Забезпечення максимального енергоефективності	Ефективне виставленн рахунків за енергетичні ресурси
Основна функція	Моніторинг та контроль режимів енергоспоживання в середині підприємства	Точний облік загально кількості споживання електрики
Вимоги до реалізації	Визначається певним клієнтом	Визначені нормативними документами

Відмінності між ASTUE і AMR повинні бути враховані при проектуванні цих систем.

Збираючи статистичні дані про споживання електроенергії АСТУЕ, підприємства можуть безпечно вживати заходів щодо оптимізації режиму роботи виробництва свого електрообладнання відповідно до графіка роботи енергосистеми.

Висновки по розділу 3

Беручи до уваги передові технічні рішення та сучасні енергозберігаючі пристрої, розглянуто основні шляхи підвищення енергоефективності в системі електропостачання, що дозволяє зробити висновок, що це перспективні та ефективні інструменти підвищення ефективності та автоматизації системи управління. Ці інструменти однозначно можна рекомендувати для використання на будь-якому об'єкті електропостачання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглядаються загальні відомості про показники якості електричної енергії, вивчається класифікація цих показників, аналізуються діючі в Україні стандарти та нормативні документи.

У ході дослідження було систематизовано інформацію щодо якості електроенергії в Україні та виявлено найбільш типові види порушень показників якості електроенергії.

На завершальному етапі робіт була проведена загальна оцінка надійності проектованої системи. Підведено підсумки зміни таких показників, як надійність електропостачання використовуваного обладнання та інформаційна захищеність бази даних об'єкта.

Однією з головних умов зниження витрат і підвищення економічної ефективності виробництва і собівартості продукції є впровадження на підприємстві енергозберігаючих технологій.

Комплексне впровадження сучасного енергозберігаючого обладнання дасть величезні переваги промисловим підприємствам і істотно вплине на зниження собівартості кінцевої продукції.

Завдяки впровадженню системи моніторингу показників якості електроенергії для електрообладнання підприємств, дозволить знизити витрати компанії на електроенергію.

Також досвід впровадження системи моніторингу якості електроенергії на підприємстві може бути корисним і для інших об'єктів аналогічного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Якість електричної енергії.
<https://www.dtek-krem.com.ua>
- 2 ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ. КУРС ЛЕКЦІЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ. УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО» Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2021
- 3 <https://org2.knuba.edu.ua>
- 4 Енергетичне законодавство ЄС Опубліковано 24 березня 2021 року о 15:08
<https://www.nerc.gov.ua/pro-nkrekp/mizhnarodne-spivrobitnictvo/mizhnarodni-dokumenty/energetichne-zakonodavstvo-yes>
- 5 Основні елементи державної політики енергозбереження в Україні та їх результативність <http://energetika.in.ua/ua>
- 6 Лекція 11. Енергозбереження та способи економії електроенергії
<https://org2.knuba.edu.ua>
- 7 <https://www.evm.ua/novosti>
- 8 Компенсація реактивної потужності. Схемні рішення
<https://www.svaltera.ua>
- 9 Кучанський В., Малахатка Д., Ігор Б. Застосування пристроїв компенсації реактивної потужності для підвищення ефективності великих електричних енергосистем // 2020 IEEE 7-а Міжнародна конференція з енергетичних розумних систем, ESS 2020 - Тези: 7, Київ, 12–14 травня 2020 року. – Київ, 2020.
- 10 Qiao X., Bian J., Chen C., Li H. Comparison and Analysis of Reactive Power Compensation Strategy in Power System // iSPEC 2019 - 2019 IEEE Sustainable Power and Energy Conference: Grid Modernization for Energy Revolution, Proceedings: Grid Modernization for Energy Revolution, Beijing, 21–23 Листопада 2019 года. – Beijing, 2019. – P. 689-692.
- 11 Основні правила ощадливого використання електроенергії
<https://sies.gov.ua>

- 12** Л. Н. Добровольська, В. В. Кулик, П. Д. Лежнюк ЕЛЕКТРООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЕНЕРГОСИСТЕМ
Вінницький національний технічний університет Луцький національний технічний університет <https://lib.lntu.edu.ua/sites>
- 13** <https://vents-shop.com.ua>
- 14** ПУСКОВІ РЕЖИМИ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ З УРАХУВАННЯМ ОПОРУ ЛІНІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
<https://visnyk.vntu.edu.ua>
- 15** <https://moodle.znu.edu.ua>