

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 631.171:621.311

**ПОГОДЖЕНО**  
Директор ННІ енергетики,  
автоматики і  
енергозбереження

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
електротехніки, електромеханіки та  
електротехнологій

\_\_\_\_\_ /Каплун В.В./  
(підпис)

\_\_\_\_\_ /Окушко О.В./  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗНИЖЕННЮ СПОЖИВАННЯ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ГРУПИ LEGRAND-  
УКРАЇНА»**

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

К.Т.Н. ДОЦЕНТ  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Усенко С.М.  
(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., ДОЦЕНТ  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Окушко О.В.  
(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Чайка В.В.  
(ПІБ)

**КИЇВ – 2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
електротехніки, електромеханіки та електротехнологій  
к.т.н. доцент \_\_\_\_\_ Окушко О.В.  
(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

**Чайці Віктору Вікторовичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(назва)  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи **«Розробка заходів по зниженню споживання електроенергії промислових споживачів з використанням технічних рішень Групи Legrand-Україна»** затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 26.09.2024р. № 1666 С

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: Завдання кафедри на дипломне проектування. Матеріали обстеження об'єкту дослідження. Нормативні документи по проектуванню енергетичних об'єктів. Наукова література з тематики магістерських робіт

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз методів планування енергоспоживання промислових споживачів
2. Дослідження ефективності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії
3. Технічні рішення Групи Legrand по оптимізації енергоспоживання
4. Економічний ефект.

Перелік графічного матеріалу: презентація виконана в програмному забезпеченні MS Power Point

Дата видачі завдання «26» 09 2024 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)  
Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Актуальність роботи: Раціональне використання енергоресурсів є ключовим завданням сучасної промисловості. Зростання вартості енергії, посилення екологічних вимог та необхідність скорочення викидів зумовлюють актуальність підвищення енергоефективності підприємств.

Електроенергія, як основний енергетичний ресурс, має значний потенціал для оптимізації споживання. Впровадження технічних рішень Групи Legrand, які включають системи моніторингу, автоматизації та управління, дозволяє значно знизити витрати та підвищити конкурентоспроможність підприємств.

Дослідження у цьому напрямі відповідають сучасним викликам сталого розвитку, створюючи передумови для ефективного впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій у промисловості.

Мета роботи: підвищення енергоефективності та зменшення витрат електроенергії шляхом оптимізації роботи електрообладнання.

Задачі роботи:

- проаналізувати методи планування енергоспоживання;
- дослідити ефективність автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії;
- дослідити технічні рішення Групи Legrand по оптимізації енергоспоживання;
- аналіз комерційного ефекту.

Об'єктом дослідження: є система обліку та моніторингу електричної енергії Групи Legrand.

Предметом дослідження: є шляхи вдосконалення обліку та моніторингу електроенергії запропоноване компанією Legrand.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в процесі дослідження використовувались абстрактно-логічні методи, аналіз літератури та нормативної бази та ін.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає в обґрунтуванні структури системи моніторингу та регулювання споживання електроенергії та її реалізації.

Ключові слова: енергоносії, моніторинг електроенергії, регулювання електроенергії, прогнозування споживання електроенергії, енергоаудит, енергоменеджмент, засоби обліку, АСКОЕ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП .....	7
<b>1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ</b>	
<b>ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ .....</b>	<b>8</b>
1.1. Сучасний рівень розвитку енергетичної галузі.....	8
1.2. Проблеми в сфері обліку та моніторингу електроенергії .....	21
1.3. Ціноутворення в умовах функціонування ринку електричної енергії України .....	26
<b>2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ</b>	
<b>СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ .....</b>	<b>32</b>
2.1. Аналіз автоматизованих систем комерційного обліку.....	32
2.2. Апаратні засоби в системі автоматизованих систем комерційного обліку.....	42
<b>3. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ГРУПИ LEGRAND ПО ОПТИМІЗАЦІЇ</b>	
<b>ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....</b>	<b>52</b>
3.1. Загальний опис системи диспетчеризації Legrand CX3 EMS.....	52
3.2. Переваги системи Legrand CX3 EMS.....	54
3.3. Приклади застосування системи Legrand CX3 EMS .....	59
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ .....</b>	<b>66</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>69</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>76</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>77</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

### Скорочення:

ПЗ - Програмне забезпечення;

АСКОЕ - Автоматизована система комерційного обліку електроенергії;

ЛУЗОД - Локальне устаткування збору і обробки даних;

ПЗПД - Пристрої збору і передачі даних;

СЕС - Сонячна електростанція ;

ПО - Прилади обліку;

РП - Робочий проект;

ТЗ - Технічне завдання;

ТКО – Точки комерційного обліку;

ДМА - Державна метрологічна атестація;

ЕОМ - Електронна обчислювальна машина;

ПВП - Первинні вимірювальні прилади;

ТС - Трансформатор струму.

ФЕМ- фотоелектричні модулі.

БД- База даних .

### Символи:

~ - змінний струм

= - постійний струм

### Одиниці:

кВт·год; кВ·А; кВт/год; А; Ом; мм; км; м; Ом/км; °С

## ВСТУП

Енергозбереження та раціональне використання енергоресурсів є одним із ключових завдань сучасної промисловості. У контексті постійного зростання вартості енергоресурсів, посилення екологічних вимог та необхідності зменшення техногенного впливу на довкілля питання підвищення енергоефективності промислових підприємств набуває особливої значущості.

Електроенергія є основним енергетичним ресурсом у промислових галузях, а її нераціональне використання призводить до значних економічних втрат та збільшення викидів парникових газів. Впровадження сучасних технічних рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання, дозволяє не лише мінімізувати витрати підприємств, але й забезпечити їхню конкурентоспроможність у довгостроковій перспективі.

Розробка та впровадження заходів енергозбереження з використанням інноваційних технологій, таких як рішення Групи Legrand, дає можливість ефективно реалізувати програми управління енергоспоживанням. Ці технічні рішення, що включають системи моніторингу, автоматизації та оптимізації енергоспоживання, вже зарекомендували себе як надійний інструмент у досягненні значного скорочення витрат електроенергії.

Актуальність роботи зумовлена також необхідністю адаптації промислових підприємств до нових умов функціонування, які вимагають інтеграції енергоефективних технологій і впровадження стратегії сталого розвитку. Враховуючи зростаючі потреби в підвищенні ефективності енергоспоживання, дослідження шляхів зниження витрат електроенергії із застосуванням технічних рішень Групи Legrand відповідає як сучасним тенденціям енергозбереження, так і нагальним вимогам економіки.

Таким чином, тема магістерської роботи є важливою як з наукової, так і з практичної точки зору, сприяючи вирішенню завдань оптимізації енергоспоживання в промисловості та забезпечуючи підґрунтя для впровадження інноваційних енергоефективних технологій.

# 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ

## 1.1 Сучасний рівень розвитку енергетичної галузі

Енергетика в сучасному світі є однією з ключових сфер національного господарства будь-якої держави, потенціал і рівень розвитку якої визначають її економічну силу. Сучасний розвиток світової економіки характеризується постійним зростанням обсягів виробництва. Однією з головних проблем, що значно обмежує конкурентоспроможність української економіки, є високий рівень енергоємності виробництва. За оцінками експертів, рівень споживання енергетичних ресурсів на одиницю валового внутрішнього продукту в Україні у 2019 році становив близько 15,3% і досі в 2,5–3 рази перевищує аналогічні показники в розвинених країнах [9].

Цей розрив скорочується повільно, а в деякі періоди навіть має тенденцію до зростання через недосконале управління. Сумарні обсяги споживання електроенергії в Україні складаються з показників електроспоживання та генерації об'єктів, розташованих в Об'єднаній енергетичній системі України, а також об'єктів, що належать до енергетичних технічних зон Бурштинський Острів та Об'єднана енергетична система України, як показано на рис. 1.1.

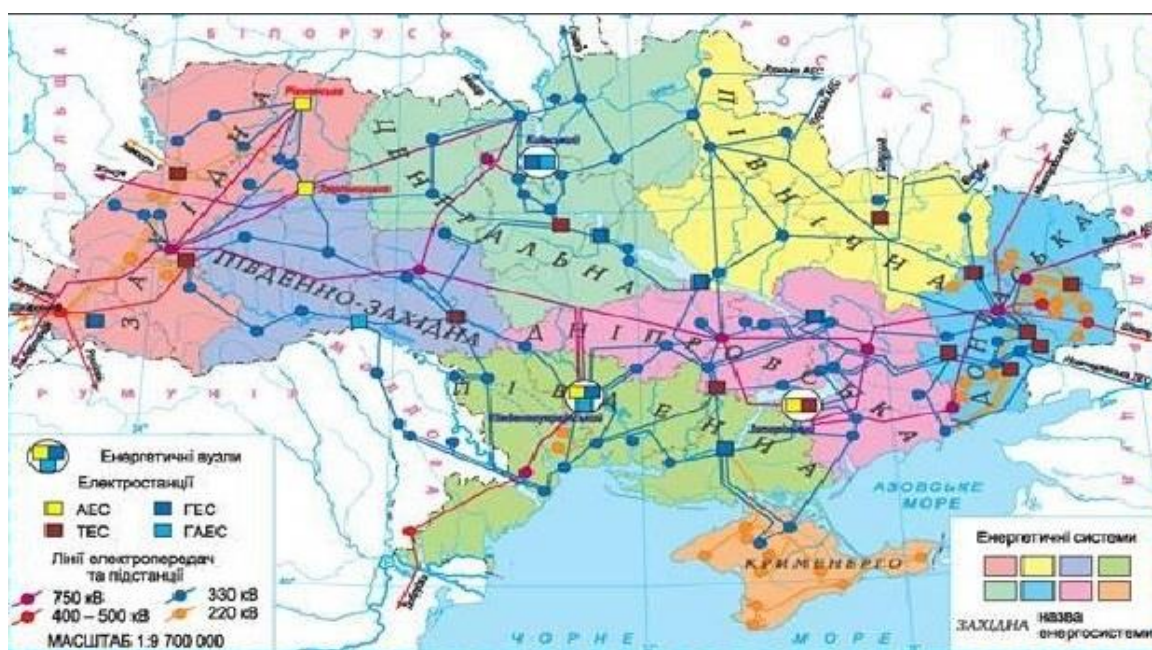


Рис. 1.1. Комплексна енергетична карта України на 2021 рік

Станом на 2021 рік Об'єднана енергетична система (ОЕС) України є однією з найбільших енергетичних об'єднань у Європі, що включає сім регіональних електроенергетичних систем: Кримську, Південну, Північну, Західну, Південно-Західну та Центральну. Ці системи функціонують завдяки системним та магістральним лініям електропередачі напругою 330-500, 750, 800 кВ. За даними системного оператора ОЕС, який здійснює централізоване оперативно-диспетчерське управління в Об'єднаній енергетичній системі України, обсяг генерації у 2019 році зменшився на 1,7% порівняно з рівнем 2018 року, до 154 млрд кВт·год. Споживання електроенергії у 2019 році залишилося на рівні 120 млрд кВт·год. [10].



Рис. 1.2. Споживання електроенергії 2014 – 2018 рр. в тис.МВт·год [11]

З метою зниження енергоємності, з 2018 року в Україні впроваджуються іноземні програми та директиви. Проте, попит на газ та електроенергію продовжує зростати, перевищуючи показники, передбачені «Енергетичною стратегією України на 2035 рік». Недостатність енергетичних ресурсів може стати значним фактором, що стримує економічне зростання країни. За оцінками, до 2035 року темпи зниження енергоємності без скоординованої державної

політики можуть залишатися недостатніми. Це може спричинити подальше динамічне зростання внутрішнього попиту на енергоресурси. Хоча наявних запасів нафти та газу в Україні наразі достатньо, питання раціонального використання ресурсів і впровадження енергоощадних заходів залишається надзвичайно актуальним [12].

Електроенергія є ключовим ресурсом, необхідним як для забезпечення функціонування підприємств, так і для задоволення потреб побутового сектору. Її виробництво здебільшого здійснюється поблизу джерел палива або гідроресурсів на спеціалізованих електростанціях. Як паливо для електростанцій використовуються природні ресурси, зокрема вугілля, природний газ, торф, вітер, сонячна енергія, вода, атомна енергія тощо.

Залежно від виду енергії, що перетворюється, електростанції поділяються на теплові, газотурбінні, атомні, гідроелектростанції, а також станції малої потужності локального призначення, такі як вітряні, геотермальні, сонячні, припливно-відпливні, дизельні та інші. Для забезпечення запланованих обсягів виробництва електроенергії здійснюється ретельне планування обсягів необхідних ресурсів, яке виконується спеціалізованими відділами електростанцій. Їхнє завдання полягає в оптимізації розрахунків для забезпечення балансу між споживанням ресурсів і задоволенням потреб в електроенергії.

Раціональне та ефективне використання паливних ресурсів залишається одним із пріоритетів сучасної енергетики. Особлива увага сьогодні приділяється розробці та впровадженню як вітчизняних, так і міжнародних програм, спрямованих на зменшення споживання енергетичних ресурсів і підвищення їхньої ефективності [13].

Оператори системи розподілу зосереджують свою діяльність на оптимізації навантаження електромереж і енергоблоків. Навантаження споживачів може варіюватися під впливом багатьох факторів, зокрема погодних умов, кліматичних змін, часу доби, сезону, географічного розташування та економічної ситуації. Максимальне або пікове навантаження спостерігається

рідко, зазвичай лише протягом кількох годин на рік. Однак, потужність електростанцій і енергосистем повинна проектуватися з урахуванням таких пікових значень. Додатково передбачається резерв потужності, який дозволяє відключати окремі енергоблоки для проведення ремонтних чи профілактичних робіт без порушення стабільності енергопостачання. Відповідно до міжнародних стандартів, середній рівень резервної потужності має становити 10–15% від загальної встановленої потужності системи [14].

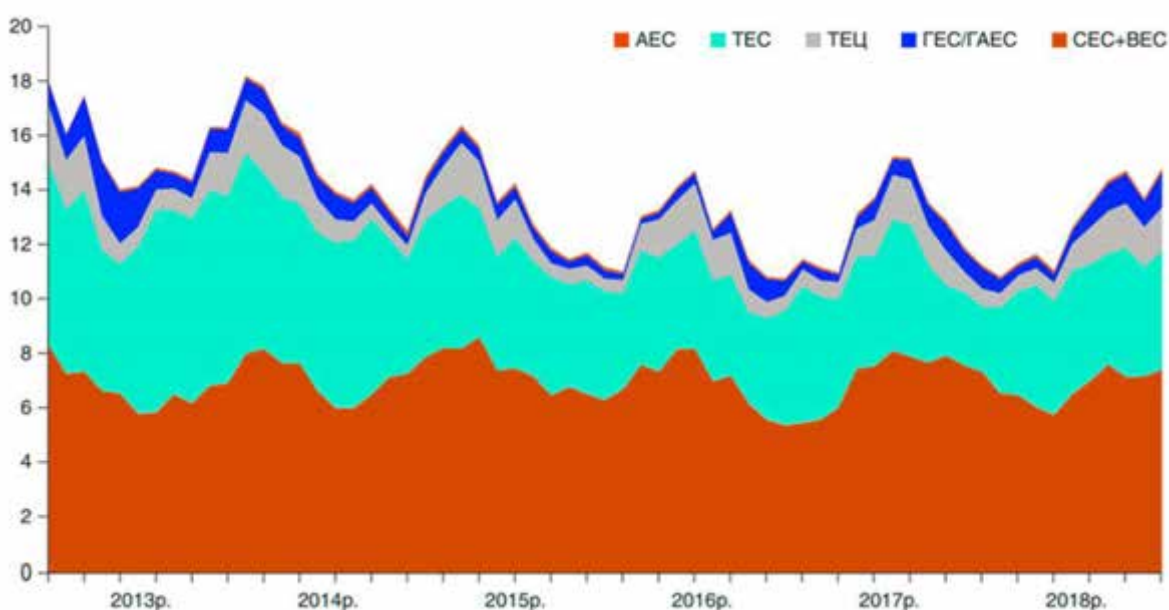


Рис. 1.3. Графік виробництва електроенергії в ОЕС України з 2013 по 2018 в ГВт·год [11]

Для забезпечення безперебійного функціонування Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України структура виробництва електроенергії повинна включати 50-55% базових електростанцій, 30-35% напівпікових і 10-15% пікових потужностей. Однак в енергетичній системі України наразі спостерігається дефіцит пікових потужностей. Для компенсації цього дефіциту використовуються енергоблоки теплових електростанцій (ТЕС) і теплоелектроцентралей (ТЕЦ), які виконують функції врегулювання енергосистеми.

Для оцінки ефективності роботи електростанцій та енергосистем використовується коефіцієнт навантаження. Він визначається як процентне співвідношення фактично виробленої електроенергії (у кВт·год) за рік до максимально можливої річної продуктивності (у кВт·год). Цей коефіцієнт ніколи не досягає 100%, оскільки завжди існують періоди вимушеного відключення енергоблоків. Причинами таких відключень є проведення планового технічного обслуговування, аварійні ситуації або необхідність виконання ремонтних робіт.

Після вироблення на електростанціях електрична енергія потребує транспортування до місць споживання. Спочатку її доставляють до великих промислових центрів, які часто розташовані на значній відстані від електростанцій, іноді на сотні кілометрів. Передача електроенергії є лише першим етапом, після цього її необхідно розподілити серед різноманітних споживачів, зокрема промислових підприємств, житлового сектору, транспорту тощо. Під час передачі електроенергії виникають втрати в лініях електропередачі, що потрібно враховувати при плануванні обсягів виробництва. Для передачі енергії на великі відстані використовуються трансформатори, які забезпечують її ефективний транспорт. Оператори системи розподілу та оператори системи передачі відіграють роль посередників, передаючи електроенергію від трансформаторних підстанцій до кінцевих споживачів. Оператори системи розподілу обслуговують значну кількість споживачів, серед яких підприємства, організації та приватні особи. Їхньою основною функцією є забезпечення ефективного і надійного розподілу електроенергії. Прогнозування споживання електроенергії є важливим аспектом їхньої діяльності. Для цього проводиться постійний моніторинг сумарного споживання, враховуючи потреби як населення, так і підприємств.

Значна частина виробленої електроенергії спрямовується на потреби підприємств. У зв'язку зі змінами кількості юридичних осіб через створення нових та ліквідацію існуючих підприємств здійснюється постійний моніторинг їхньої діяльності. Технологічні процеси на підприємствах нерозривно пов'язані зі споживанням енергії, а показник енергоємності підприємства залежить від

багатьох специфічних факторів. До основних факторів, що впливають на енергоємність підприємства, належать: темпи економічного зростання і трансформація її структури; склад і обсяг виробництва продукції; кліматичні й погодні умови; рівень розвитку конкретних секторів економіки; технічний стан основних фондів, частота модернізації обладнання та технологій виробництва тощо.

Аналіз господарської діяльності в Україні та інших країнах свідчить, що українські підприємства мають підвищені показники енергоємності. Це зумовлено низкою факторів, серед яких природно-кліматичні умови, характерні для України, зокрема сезонні коливання температур і низькі зимові температури, що підвищують споживання паливно-енергетичних ресурсів для стабільного енергозабезпечення. Окрім того, значна територіальна віддаленість великих промислових центрів збільшує енерговитрати на забезпечення товарообігу і послуг між регіонами [13].

Згідно з дослідженнями, проведеними Державною службою статистики та Міністерством енергетики України, промисловість домінує у структурі електроспоживання країни, становлячи 42,7% від загального обсягу. Протягом останніх років частка електроспоживання промислових підприємств залишається стабільною. Зокрема, близько 25-27% електроенергії, споживаної промисловістю, припадає на металургію. Для порівняння, сектор послуг споживає лише 18–20% електроенергії, що значно нижче, ніж у країнах із розвинутою ринковою економікою.

Аналіз також виявляє значний обсяг застарілого енерготехнологічного обладнання на підприємствах України. Використання такого обладнання сприяє підвищенню електроспоживання, що негативно впливає на загальну енергоефективність. Оцінки свідчать, що потенціал енергозбереження в Україні становить 45–55% порівняно із сучасним рівнем енергоспоживання у країнах Європейського Союзу [9].

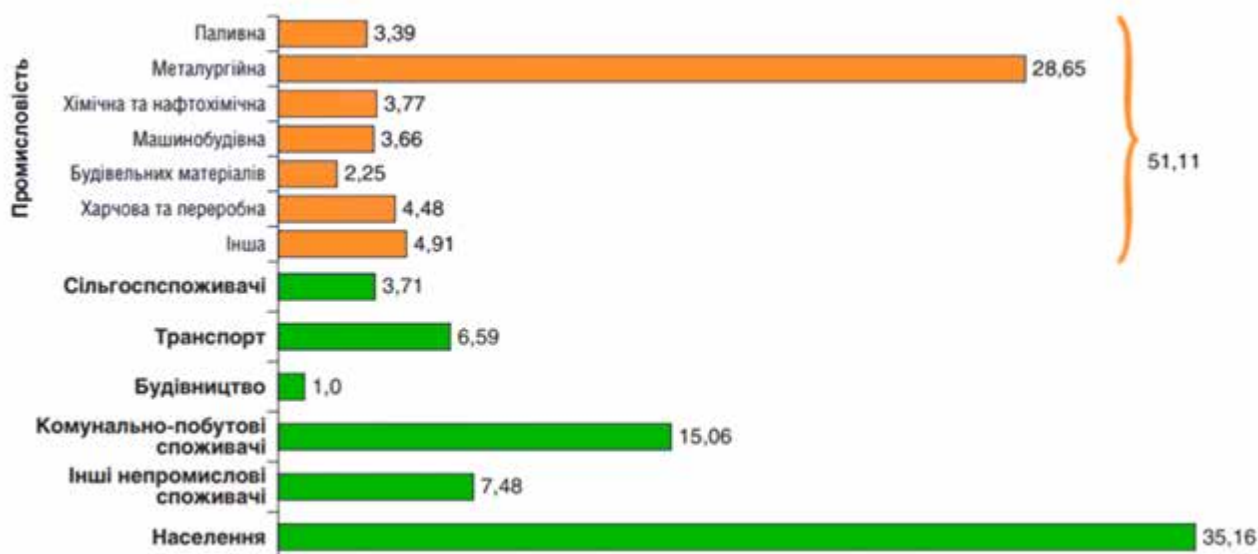


Рис. 1.4. Графік споживання електричної енергії в Україні [10]

У контексті зростаючого енергоспоживання питання енергоефективності набуло особливої важливості та актуальності. 4 березня 2021 року Верховна Рада України ухвалила законопроект «Про енергоефективність», який спрямований на розвиток енергоефективної економіки країни. Цей законопроект був розроблений у рамках імплементації Директиви 2012/27/ЄС Європейського Союзу і ґрунтується на дев'яти основних засадах.

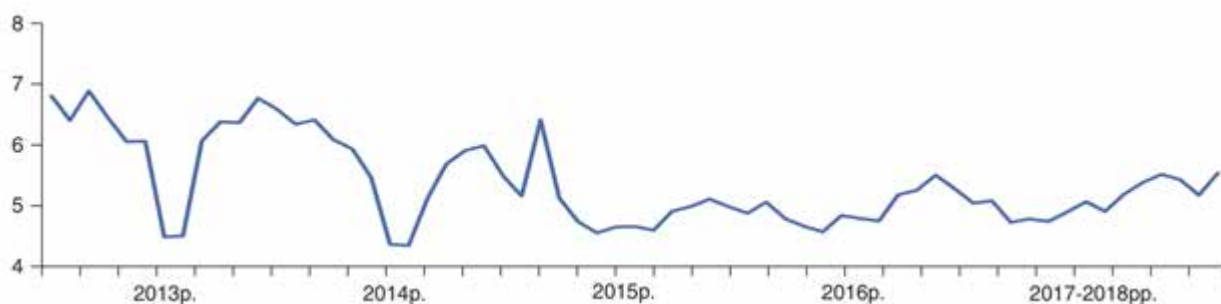


Рис. 1.5. Графік споживання електричної енергії промисловістю в Україні в ГВт. год [10]

Актуальність проблеми енергоефективності на промислових підприємствах зростає, оскільки вона безпосередньо впливає на результати їх діяльності. Підприємства активно досліджують питання енергоефективності та

раціонального використання електроенергії як один із заходів для зниження загальних витрат. Для вирішення проблеми енергозбереження в національній економіці необхідно створення та впровадження програм енергозбереження на підприємствах, що потребує проведення досліджень та формування відповідної методологічної та методичної бази. Запізнення з реалізацією енергозберігаючих заходів негативно позначається на загальній екологічній та соціально-економічній ситуації країни, що може призвести до значних економічних збитків на підприємствах. Подальше збільшення витрат у промисловості та інших галузях народного господарства призводить до зростаючого дефіциту фінансових ресурсів, що, у свою чергу, уповільнює оновлення виробничої бази підприємств відповідно до новітніх науково-технічних розробок. Для скорочення фінансових втрат, пов'язаних із впровадженням заходів енергозбереження, необхідно розробити методи оцінки їх ефективності. Такі методи повинні враховувати багатоваріантність джерел інвестицій, виділених для реалізації цих заходів. Зниження витрат на енергетичні ресурси дозволить зекономлені кошти спрямувати на покриття витрат на оновлення технологічного устаткування, що дозволить підтримувати його в належному стані [15, 16].

Зростання витрат на енергоресурси на виробничих підприємствах призводить до підвищення собівартості продукції, що, у свою чергу, негативно впливає на конкурентоспроможність підприємств.

Наразі для вирішення питання енергоефективності активно розробляються програми з енергозбереження, визначаються системи показників ефективності енергозбереження, а також проводиться оцінка економічної ефективності впровадження сукупності енергозберігаючих заходів. Важливим етапом є визначення отриманої економічної вигоди від таких заходів. Крім того, проводяться комплексні енергоаудити підприємств за підтримки європейських партнерів. Впровадження заходів з енергоефективності призводить до позитивних змін у прибутковості підприємств завдяки зменшенню збитків. Однією з ключових складових оптимізації енергетичних витрат є прогнозування

споживання електричної енергії. Це дозволяє точніше планувати енергетичні потреби підприємства і знижувати витрати на енергоносії.

Постійні зміни в енергопостачальних компаніях та коливання в секторі побутових споживачів значно впливають на загальне енергоспоживання країни, що стає серйозною проблемою для енергопостачальних компаній. Основним завданням таких компаній є забезпечення повного задоволення потреб у електроенергії як на рівні окремих областей, так і в цілому по країні. Електропостачальна компанія виконує роль посередника між електростанцією та побутовим споживачем, і її діяльність передбачає постійний моніторинг зміни потреб регіону в обсягах електроенергії.

Для закупівлі необхідного обсягу електроенергії для споживачів підприємство складає прогнози електроспоживання в кВт·год, за якими здійснюється купівля обсягів на лібералізованому ринку. Основним завданням електропостачальної компанії є складання максимально точного прогнозу електроспоживання, що необхідно для своєчасної закупівлі енергії та зменшення кількості небалансів в енергетичній системі. Реформа в українській електроенергетиці призвела до зростання конкуренції на ринку електричної енергії. Процес демонополізації та реформування ринку призвів до появи 28 незалежних енергопостачальних підприємств, що створило нові умови для енергетичного бізнесу, особливо в період карантинної та глобальної економічної кризи.

Поступове зростання конкуренції на роздрібному ринку електроенергії висуває нові, більш жорсткі вимоги до учасників ринку. Для енергопостачальних компаній, які раніше були монополістами, зростає ризик втрати своїх конкурентних позицій у цій боротьбі. Лібералізація ринку електроенергії призвела до значного зниження ринкової частки колишніх монополістів. Незважаючи на те, що роздрібні ринки електроенергії в більшості регіонів України все ще характеризуються високим рівнем концентрації та нерозвинутою конкуренцією, в деяких густозаселених областях спостерігається зростання конкуренції між енергопостачальними компаніями. В умовах цієї конкуренції,

енергопостачальникам доводиться вирішувати важливе завдання – утримати великих споживачів на ринку постачання електроенергії, запобігаючи їх переходу до ринку двосторонніх договорів.

У побутовому секторі також спостерігається зростання електроспоживання, причому частка населення складає 25-35% від загального обсягу споживаної електричної енергії. Це збільшення обумовлене поглибленням тарифікації електричної енергії, а також насиченням домогосподарств різноманітними побутовими електроприладами. Зокрема, відзначається перенасичення приладами базової групи, до яких відносяться комп'ютерна аудіо- та телеапаратура, пилососи, холодильники, праски, пральні машини та інші. Для цієї групи приладів виділяється в середньому 47% електроенергії, що споживається побутовим сектором. Крім того, зростає споживання електроенергії групами прискорено-селективних приладів, до яких належать освітлення, системи мікроклімату, електроплити, теплі підлоги та інші нові прилади, такі як сауни, джакузі тощо. Одночасно відзначається зростання одиничної потужності побутових електроприладів. В останні роки спостерігається також тенденція заміни застарілих приладів на нові, енергоефективні моделі. Це, зокрема, стосується приладів для приготування їжі (електроплити), освітлення, опалення та кондиціонування, що ще більше збільшує споживання електричної енергії в побуті.

З ростом енергоспоживання питання енергоефективності стає надзвичайно важливим для збереження енергетичних ресурсів, скорочення витрат і мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. В умовах глобальних змін клімату та обмежених природних ресурсів, ефективного використання енергії стає одним із головних завдань як для окремих підприємств, так і для національних економік.

Енергоефективність полягає у досягненні максимальної продуктивності з найменшими витратами енергоресурсів, що дозволяє знизити енергоспоживання, зменшити екологічний слід і одночасно підвищити конкурентоспроможність підприємств. Для цього необхідно впроваджувати

новітні технології, модернізувати застаріле обладнання, а також розробляти та застосовувати програми енергозбереження в усіх секторах економіки.

Енергоефективність вимагає комплексного підходу, який включає:

- Встановлення енергоефективних стандартів для будівель та промислових підприємств.
- Використання відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер, біомаса тощо).
- Розвиток інтелектуальних мереж та систем автоматизації для оптимізації споживання енергії.
- Підвищення обізнаності та заохочення до енергозбереження серед споживачів.

Підвищення обізнаності та заохочення до енергозбереження серед споживачів. Зокрема, у рамках європейської інтеграції та реформування енергетичного сектору, Україна активно впроваджує заходи щодо підвищення енергоефективності, зокрема через законодавчі ініціативи, такі як прийняття законопроектів на кшталт «Про енергоефективність», які сприяють досягненню європейських стандартів у цій галузі.

Законопроект «Про енергоефективність», прийнятий 4 березня 2021 року, має на меті сприяння переходу до енергоефективної економіки в Україні. Він був розроблений у рамках імплементації Директиви 2012/27/ЄС Європейського Союзу, що передбачає комплексні заходи для покращення енергоефективності в країнах-членах ЄС та їхніх партнерів. Законопроект базується на дев'яти основних засадах, що охоплюють:

- Підвищення енергоефективності в різних секторах економіки.
- Встановлення вимог щодо зниження споживання енергоресурсів у промисловості, житловому секторі та транспорті.
- Впровадження енергоефективних технологій і заходів на рівні підприємств та домогосподарств.
- Оцінка та моніторинг рівня енергоефективності на національному та регіональному рівнях.

- Підтримка інвестицій в енергоефективні проекти.
- Сприяння розвитку ринку енергосервісів і залучення приватного сектору до енергоефективних ініціатив.
- Вдосконалення системи енергетичних аудитів і сертифікації будівель.
- Визначення цілей та завдань щодо енергозбереження на національному рівні.
- Розробка стратегій і програм, що сприяють зниженню енергоспоживання та зменшенню викидів парникових газів.

Цей законопроект має за мету не тільки знизити споживання енергії та викиди вуглецю, а й підвищити конкурентоспроможність національної економіки шляхом оптимізації енергетичних витрат [17].

Для вирішення проблеми енергоефективності на сьогоднішній день розробляються програми з енергозбереження, визначаються показники ефективності енергозбереження та проводиться оцінка економічної вигоди від реалізації комплексу енергозберігаючих заходів. Також здійснюються енергоаудити підприємств за підтримки європейських партнерів. Впровадження цих заходів сприятиме покращенню фінансових результатів підприємств через зниження витрат. Одним із важливих етапів у оптимізації енергетичних витрат підприємства є прогнозування споживання електричної енергії.

Постійні зміни на підприємствах та в секторі побутових споживачів суттєво впливають на загальне енергоспоживання країни, що створює проблеми для енергопостачальних компаній. Це зумовлено тим, що основним завданням збутових підприємств є забезпечення повного задоволення потреб у електроенергії як на національному, так і на регіональному рівнях. Енергопостачальна компанія, виступаючи посередником між електростанцією та побутовими споживачами, повинна регулярно проводити дослідження змін у потребах регіону в обсягах електроенергії. На основі цих досліджень складаються прогнози споживання електричної енергії, що визначають необхідний обсяг для закупівлі на лібералізованому ринку. Основним завданням

енергопостачальних компаній є розробка точних прогнозів електроспоживання, що необхідні для визначення обсягів закупівлі електроенергії та зменшення частки небалансів в енергетичній системі. Наразі в Україні реформи в галузі електроенергетики спричинили зростання конкуренції на ринку електричної енергії. Процес демонополізації та реорганізації ринку призвів до створення 28 незалежних енергопостачальних компаній, що поставило енергетичний бізнес в нові та незвичні умови, зокрема в умовах глобальної кризи та карантину. Поступове збільшення конкуренції на лібералізованому ринку електроенергії висуває нові, більш жорсткі вимоги до учасників ринку. Для колишніх монополістів зростає ризик втрати своїх конкурентних позицій. Лібералізація ринку призвела до зменшення ринкової частки підприємств-колишніх монополістів. У більшості областей України роздрібні ринки електроенергії досі мають високий рівень концентрації через нерозвинену конкуренцію, однак в ряді регіонів вже спостерігається зростання конкуренції між енергопостачальними компаніями. В таких умовах постачальники мають вирішити важливу задачу збереження великих споживачів на ринку двосторонніх контрактів і захисту своїх клієнтів від переходу до малих незалежних компаній. Це підкреслює потребу в застосуванні нових підходів до управління енергопостачальними організаціями, які дозволять зміцнити та зберегти їх конкурентні позиції [18].

В умовах посилення конкуренції на ринку електроенергії перед компаніями постає актуальне завдання ефективного управління розподілом електроенергії, придбаної на різних сегментах ринку. Застосування сучасних технологій та їх раціональне використання сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства. У цьому контексті важливим є розроблення спеціалізованих програм для управління процесами закупівлі та реалізації електроенергії. Реалізація цього завдання передбачає планування, контроль розподілу обсягів енергії та прогнозування її споживання [13].

Сучасні статистичні методи прогнозування набувають значної популярності завдяки їхній здатності використовувати необмежену кількість вхідних параметрів, враховуючи функції впливу різної складності, зокрема

нелінійні та нестационарні. При цьому вхідні параметри моделі можуть бути як чисельними (наприклад, статистичні дані споживання електроенергії, час доби, температура навколишнього середовища), так і категоріальними (пора року, тип дня, хмарність) [22, 23]. Моделі також допускають неявне включення параметрів, наприклад, створення додаткових підсистем для специфічних випадків, як-от прогнозування для окремих типів днів або сезонів. Використання таких методів дозволяє вирішувати низку актуальних завдань: зменшення електроспоживання та скорочення витрат на оплату електроенергії, розроблення інструментів для впровадження систем управління електротехнічними комплексами в умовах реформування енергетичної галузі України, прискорення повернення інвестицій у комплексну автоматизацію контролю та обліку електроспоживання, а також підвищення конкурентоспроможності підприємств. Завдяки стійкості моделей ці підходи значно перевершують традиційні рішення. Актуальним є створення нових методик та методологічних підходів до прогнозування обсягів споживання підприємствами. Це необхідно для оптимізації розподілу електроенергії, підвищення енергоефективності та збільшення економічної вигоди підприємств.

## **1.2 Проблеми в сфері обліку та моніторингу електроенергії**

Проблематика моніторингу та обліку електроенергії в промисловості є одним із ключових аспектів енергетичного менеджменту, що визначає ефективність споживання енергоресурсів на підприємствах. Зростаючі ціни на енергоносії, потреба у підвищенні енергоефективності та вимоги екологічної безпеки обумовлюють актуальність впровадження системного підходу до моніторингу й обліку електроенергії.

Основними проблемами в цій сфері є:

- Технічні аспекти. Багато підприємств використовують застарілі або недостатньо точні системи обліку, що не відповідають сучасним вимогам. Це може призводити до втрат енергії через некоректний облік, недостатнє виявлення місць перевитрати енергоресурсів та обмежену можливість прогнозування споживання.

- Інтеграція даних. У промисловості часто спостерігається проблема інтеграції даних про споживання електроенергії з інших систем управління підприємством, таких як ERP-системи або платформи автоматизації технологічних процесів. Це ускладнює аналіз енергетичних витрат у комплексі.
- Відсутність автоматизації. Багато підприємств все ще покладаються на ручний збір даних, що є трудомістким, ненадійним та може призводити до помилок у процесі обліку.
- Відсутність нормативної бази. Неврегульованість стандартів щодо моніторингу енергоспоживання, включаючи методики оцінки ефективності використання електроенергії, обмежує можливості уніфікації процесів контролю та обліку.
- Фінансові обмеження. Впровадження сучасних систем моніторингу та обліку потребує значних капіталовкладень, які не завжди доступні підприємствам, особливо малим та середнім.
- Недостатній кадровий потенціал. Відсутність кваліфікованих спеціалістів з енергетичного менеджменту ускладнює процес упровадження і подальшого обслуговування таких систем.

Для вирішення цих проблем необхідно впроваджувати автоматизовані системи моніторингу та обліку електроенергії, засновані на сучасних інформаційних технологіях. Такі системи дозволяють забезпечити збір, обробку та аналіз даних у режимі реального часу, підвищити точність обліку та створити умови для оптимізації споживання енергії. Також важливо вдосконалювати нормативно-правову базу та забезпечувати професійну підготовку фахівців у сфері енергетичного менеджменту.

Оцінка фактичного стану систем обліку електроенергії та ідентифікація їх недоліків стали актуальними в контексті проведення енергетичних аудитів підприємств. У рамках таких обстежень виконуються метрологічні перевірки енергетичних об'єктів, які в багатьох випадках виявляють значний дефіцит

вимірювальних приладів, зокрема лічильників електроенергії, трансформаторів струму та напруги.

Крім того, значна частина лічильників експлуатується вже понад 15–20 років, що суттєво впливає на точність обліку. Водночас упродовж останніх років енергопостачальні компанії активізували діяльність зі встановлення сучасних засобів вимірювання електричної енергії, що спрямовано на покращення якості обліку та підвищення енергоефективності.

Індукційні лічильники електроенергії, які раніше домінували серед засобів обліку, втратили актуальність через їх фізичне та моральне застаріння, а також нездатність забезпечувати необхідну точність вимірювань. Крім того, інші елементи вимірювальних комплексів, такі як трансформатори струму (ТС) та трансформатори напруги (ТН), можуть спричиняти суттєві недообліки через наявність систематичних похибок. Основні фактори, що зумовлюють такі похибки, включають:

- Перевантаження вторинних кіл ТС релейним захистом, телемеханікою та іншими пристроями, що може спричинити похибки на рівні мінус 7–12%.
- Перевантаження вторинних кіл ТН, що призводить до похибок у межах мінус 1–4% і більше.
- Зсув робочої точки ТС і лічильників в область малих струмів через одночасне використання ТС у колах обліку та релейного захисту. Це може створювати похибки від мінус 2,5% до мінус 5,5% і більше.
- Втрати напруги у вторинних колах, які з'єднують обмотки ТН і лічильники, що викликає похибки до 2%.
- Вплив електромагнітних полів на лічильники, спричинених постійними магнітами, змінними струмами або струмами високої частоти.
- Температурні похибки лічильників, які змінюють точність вимірювань залежно від температурного режиму.

- Низький коефіцієнт потужності у вимірювальних колах ( $\cos \varphi < 0,5$ ), що знижує точність обліку.
- Нерівномірне навантаження фаз ТС і ТН, яке впливає на точність вимірювань.

Слід зазначити, що систематичні похибки можуть бути як від'ємними, так і додатними. Наприклад:

- Недозавантаження ТН може створити додатні похибки до 0,8–1,6%.

Кутова похибка ТН у поєднанні з перевантаженням вторинної обмотки може викликати похибки із знаком «+».

Малі робочі струми та низькі значення  $\cos \varphi$  можуть призводити до похибок у межах плюс 6–12%.

Ці аспекти вказують на необхідність модернізації засобів обліку та застосування сучасних технологій для зниження впливу систематичних похибок і забезпечення точного моніторингу енергоспоживання в промислових умовах.

Приклади, що розкривають проблематику моніторингу та обліку електроенергії в промисловості, відображають реальні ситуації, в яких підприємства стикаються з труднощами в організації енергетичного обліку.

- Некоректний облік через застаріле обладнання. На підприємстві використовуються старі електролічильники, які не здатні точно вимірювати споживання енергії в режимі реального часу. Це ускладнює виявлення перевитрат електроенергії та знижує ефективність планування виробничих процесів.

- Відсутність системи моніторингу енергоспоживання. Промислові підприємства, що працюють у тризмінному режимі, не завжди мають автоматизованої системи обліку електроенергії. Це призводить до значних втрат енергії в нічний час через нераціональне використання обладнання, яке залишається ввімкненим після завершення змін.

- Неможливість аналізу споживання за зонами доби. Підприємства, які мають диференційовані тарифи на електроенергію (нічний, денний, піковий), не

в змозі відстежувати, скільки енергії споживається в кожній зоні часу. Це перешкоджає оптимізації графіка роботи обладнання для зменшення витрат.

- Неповний облік втрат енергії у мережах. На підприємствах, які експлуатують власні електричні мережі, відсутній контроль за втратами енергії в процесі її транспортування. Це призводить до додаткових витрат, які не враховуються при формуванні собівартості продукції.

- Недостатня інтеграція облікових систем. Виробничі підприємства мають кілька підрозділів, кожен з яких використовує окремі системи обліку електроенергії. Відсутність єдиної інтегрованої системи не дозволяє зібрати всі дані для комплексного аналізу та оптимізації.

- Складнощі виявлення пікових навантажень. На підприємствах відсутній моніторинг пікових навантажень на електричну мережу. Це призводить до перевантаження трансформаторів та частих аварій, які зупиняють виробничий процес.

- Фінансові збитки через неточності обліку. Підприємства отримують штрафи від енергопостачальної компанії через перевищення договірної рівня споживання. Проблеми виникають через неправильний облік електроенергії в одному з цехів чи секторів виробництва, де не було встановлено сучасних лічильників.

- Недоліки в прогнозуванні споживання. Підприємства, які працюють в енергоємній галузі, не мають системи прогнозування споживання електроенергії. У результаті підприємство закуповує більший обсяг енергії, ніж необхідно, або, навпаки, стикається з дефіцитом, що впливає на виконання виробничих планів.

Ці приклади демонструють, що недоліки в системах моніторингу та обліку електроенергії впливають на економічну ефективність та стабільність роботи підприємств. Для їх вирішення необхідно впроваджувати автоматизовані системи обліку, вдосконалювати нормативну базу та забезпечувати кваліфіковане управління енергетичними ресурсами.

### 1.3 Ціноутворення в умовах функціонування ринку електричної енергії України

Ціноутворення на ринку електричної енергії базується на погодинних тарифах купівлі-продажу, які затверджуються щороку. Вартість електроенергії, виробленої тепловими електростанціями, визначається на основі пропозицій генеруючих компаній та регулюється відповідно до Правил функціонування Оптового ринку електроенергії. Для виробників із особливими режимами роботи, таких як гідроелектростанції (ГЕС) та теплоелектроцентралі (ТЕЦ), тарифи встановлює Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕ), враховуючи їх подання. На основі затверджених НКРЕ тарифів та положень Правил Оптового ринку розраховуються середні погодинні ціни на електроенергію для оптових постачальників. Такий підхід дозволяє впорядкувати ринкові ціни та забезпечує регулювання відносин між учасниками ринку.

Оптова ринкова ціна на електричну енергію визначається на Оптовому ринку електроенергії, де встановлюється мінімально можлива закупівельна вартість. За цією ціною генеруючі компанії реалізують вироблену електроенергію, забезпечуючи базу для подальших ринкових операцій [24]. На базі оптових цін енергопостачальні компанії встановлюють тарифи для споживачів, за винятком тарифів для населення, які регулюються окремо [25].

Електрична енергія проходить кілька етапів на шляху від виробництва до кінцевого споживача, причому вартість 1 кВт·год на різних стадіях цього процесу змінюється. Вся вироблена електроенергія спочатку постачається до Оптового ринку електроенергії (ОРЕ), де реалізується за встановленими тарифами, а потім передається до енергопостачальних організацій (ЕО), які доставляють її кінцевим споживачам. Життєвий цикл електроенергії, що включає основні етапи її передачі від виробника до споживача, схематично представлений на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Цикл електроенергії в Україні

Електроенергія, придбана на Оптовому ринку електроенергії (ОРЕ) за оптовими цінами, реалізується постачальниками на роздрібному ринку за регульованими або нерегульованими тарифами.

Постачальниками за нерегульованим тарифом виступають переважно великі промислові підприємства, які закупають електроенергію для власного споживання, або компанії-посередники. Вартість електроенергії в цьому сегменті визначається на договірних засадах між продавцем і покупцем у межах укладеного договору купівлі-продажу. Постачання здійснюється із залученням електромереж сторонніх організацій.

Частка електроенергії, реалізованої за нерегульованими тарифами, є відносно невеликою і становить близько 10% загального обсягу продажу електроенергії.

Регульовані тарифи, які встановлює Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕ), визначаються за кількома основними параметрами:

- Напруга електроенергії, що постачається, та класи споживачів, які визначають рівень напруги в мережі.
- Належність до пільгових категорій споживачів, що залежить від обсягів споживання, типу електричного обладнання, соціального статусу споживачів та місця їхнього проживання.
- Часові «зони» споживання, що включають періоди доби, протягом яких споживається електроенергія. Тарифи можуть змінюватися в залежності від часу доби, наприклад, день/ніч або пікові/напівпікові/нічні зони, що визначаються на основі відповідного приладу обліку, який встановлений у споживача [26].

Пільгові категорії споживачів, зокрема побутові споживачі, отримують електричну енергію за фіксованими тарифами, які є однаковими на всій території України. Однак, за даними енергетичних компаній, ці тарифи не покривають навіть собівартість виробництва та транспортування електричної енергії. З цієї причини Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики (НКРЕ), неодноразово збільшувала тарифи, а в останні роки також введено підвищення тарифів на електроенергію для обсягів споживання, що перевищують встановлені нормативи.

Енергопостачальні компанії, які працюють за регульованими тарифами, реалізують електричну енергію споживачам за роздрібними тарифами, що визначаються на основі формули, затвердженої відповідними органами [27].

Роздрібний тариф, за яким споживачі оплачують спожиту електричну енергію, формувався з кількох основних складових:

- Вартість електричної енергії на оптовому ринку — це ціна, за якою постачальники купують електричну енергію у виробників та на ринку.
- Транспортні витрати — включають витрати на доставку електричної енергії через мережі, які належать енергетичним компаніям.

- Розподільні послуги — витрати на розподіл електроенергії від енергопостачальних компаній до кінцевих споживачів.

- Інші витрати — можуть включати адміністративні витрати, витрати на обслуговування інфраструктури, податки та інші необхідні для функціонування компанії витрати.

- Регульовані націнки — націнки, які можуть бути встановлені державними органами для покриття витрат компанії-постачальника та забезпечення її діяльності.

Таким чином, роздрібний тариф є комбінацією цих компонентів, що дозволяє покрити витрати на виробництво, транспортування та розподіл електричної енергії, а також забезпечити прибутковість енергетичних компаній.

Тарифи на розподіл електричної енергії для кожного оператора системи розподілу варіюються та залежать від кількох ключових факторів:

- Структура та стан електричних мереж — включає в себе стан інфраструктури, вік і рівень технічного обладнання мереж, а також необхідність модернізації чи реконструкції для забезпечення належної якості обслуговування.

- Втрати електроенергії в мережах — електричні втрати під час транспортування енергії, які можуть виникати внаслідок фізичних характеристик ліній або зношеності обладнання.

- Структура та обсяг споживання електроенергії — різні типи споживачів (побутові, комерційні, промислові) можуть вимагати різного підходу до тарифікації, а також впливати на обсяги та характер споживання енергії.

- Площа обслуговуваної території — тарифи можуть залежати від того, наскільки розширеною є мережа, а також від складності і вартості обслуговування великих чи віддалених територій, що вимагає додаткових витрат на доставку електричної енергії.

Ці фактори взаємопов'язані і визначають, як саме будуть формуватися тарифи для кожного оператора системи розподілу, зважаючи на специфіку його діяльності та умови на ринку.

Тарифи на послуги постачальника універсальних послуг встановлюються відповідно до Методики розрахунку тарифу на послуги постачальника універсальних послуг, яка була затверджена постановою НКРЕКП від 05.10.2018 № 1176. Ці тарифи регулюють розмір компенсацій за надання електричної енергії для споживачів, які з різних причин не можуть змінити постачальника електричної енергії на ринку.

Тарифи на послуги постачальника «останньої надії» регулюються окремо за допомогою Методики розрахунку тарифу на послуги постачальника «останньої надії», яка була затверджена постановою НКРЕКП від 05.10.2018 № 1178. Цей механізм призначений для забезпечення електричною енергією споживачів у випадках, коли основний постачальник перестає виконувати свої зобов'язання (наприклад, у разі банкрутства чи інших надзвичайних обставин).

Тарифи на електричну енергію для промислових споживачів в Україні формуються в залежності від кількох факторів, зокрема:

- Тип споживання та обсяг електроенергії – тарифи можуть варіюватися залежно від того, чи є споживач великим промисловим підприємством, яке використовує великі обсяги енергії, або середнім чи малим підприємством.

- Час споживання – в залежності від часу доби (наприклад, денні, нічні або пікові години) можуть застосовуватися різні ставки. Промислові підприємства, які мають можливість оптимізувати споживання електроенергії, можуть знизити витрати, перенаправивши споживання на нічний або непіковий час.

- Наявність спеціальних умов або пільг – для деяких категорій промислових споживачів можуть бути введені спеціальні тарифи або пільги залежно від обсягу споживаної енергії, технологічних особливостей виробництва або екологічних стандартів.

- Система оплати – тарифи можуть бути змінними і залежати від умов договору з постачальником. Наприклад, на ринку електроенергії в Україні може

застосовуватися система «зелених тарифів» для підприємств, що використовують відновлювальні джерела енергії.

Тарифи для промислових споживачів, як правило, є нерегульованими або регіонально визначеними, що дозволяє енергопостачальним компаніям встановлювати ціни на основі ринкових умов і попиту на енергію в різних секторах економіки.

Таким чином, тарифи на електричну енергію для промислових споживачів значно відрізняються в залежності від типу підприємства, обсягу споживання, часу доби та умов ринку.

## **2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

### **2.1 Аналіз автоматизованих систем комерційного обліку**

Зростання вартості електроенергії та постійне підвищення цін на енергоносії актуалізували потребу у перегляді підходів до організації обліку, моніторингу та управління споживанням електроенергії на промислових підприємствах.

Розрахунки споживачів за використану електроенергію повинні здійснюватися не за застарілими приладами, договірними обсягами чи встановленою потужністю, а за допомогою сучасних точних вимірювальних пристроїв. Сучасна система торгівлі енергією та енергоносіями базується на використанні автоматизованих систем обліку електроенергії (АСКОЕ), які мінімізують вплив людського фактору під час збору, обробки та передачі даних. Такі системи забезпечують об'єктивний і прозорий облік. У зв'язку з цим промислові споживачі впроваджують на своїх об'єктах АСКОЕ, що відповідають сучасним вимогам енергетичного обліку [28].

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) представляє собою комплекс технічних, алгоритмічних, математичних та програмних засобів, що забезпечують виконання наступних функцій:

- моніторинг споживаної потужності в періоди пікових навантажень;
- підвищення точності вимірювання та обліку електроенергії;
- забезпечення обліку обсягів спожитої електроенергії;
- контроль параметрів роботи вимірювальних приладів;
- оптимізація розподілу споживання електроенергії, зокрема шляхом
- планування добових графіків роботи основних цехів підприємства;
- накопичення, зберігання та аналіз даних про споживання електроенергії в базі даних.

Такі функціональні можливості дозволяють підприємствам ефективніше контролювати витрати електроенергії, зменшуючи енерговитрати та покращуючи управління виробничими процесами.

Переваги впровадження автоматизованих систем обліку, контролю та управління електроенергією є широко визнаними. Такі системи знаходять застосування як на вітчизняних промислових підприємствах, так і за кордоном, забезпечуючи підвищення ефективності енергоспоживання, зниження втрат електроенергії та оптимізацію виробничих процесів.

Окрім виконання функцій обліку, автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) забезпечують контроль та управління енергоспоживанням на підприємствах. Основний економічний ефект від впровадження таких систем полягає у зменшенні витрат на оплату спожитої електроенергії та потужності. Для енергопостачальних компаній це виражається у зниженні необхідності капіталовкладень у розширення генеруючих потужностей завдяки зменшенню пікових навантажень. Використання різниці тарифів дозволяє досягти значного економічного ефекту, що дає змогу компенсувати витрати на впровадження АСКОЕ упродовж кількох місяців.

Основні техніко-економічні завдання, що вирішуються завдяки впровадженню автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), включають:

- проведення комерційних розрахунків за спожиту електроенергію між постачальниками та споживачами, а також між різними енергопостачальними організаціями енергосистеми;
- визначення економічних розрахунків за міжсистемні перетоки енергії та потужності;
- контроль дотримання договірних умов споживання енергії промисловими споживачами;
- аналіз та планування виробництва, втрат електроенергії та питомих витрат палива на електростанціях;

- визначення економічних показників, пов'язаних із виробництвом, передачею та розподілом електроенергії;
- складання балансів енергії та потужності для підприємств енергосистеми.  
Метою впровадження АСКОЕ є:
- забезпечення точного вимірювання обсягів переданої споживачам електроенергії;
- досягнення максимальної економії електроенергії;
- використання інтегрованих розрахункових даних і графіків для оптимізації процесів;
- підвищення оперативності управління електроспоживанням;
- зменшення витрат на збір та обробку даних;
- оптимізація режимів споживання електроенергії;
- моніторинг ключових параметрів енергії та потужності.

У загальному розумінні такі системи позначаються терміном AMR systems (Automatic Meter Reading), що означає системи автоматичного зчитування показників лічильників. Значні зусилля були спрямовані на розробку простих, надійних і доступних за вартістю систем.

При створенні AMR-систем ключова увага приділялася двом аспектам:

1. Система повинна бути економічно виправданою, тобто окупною.
2. Забезпечення її надійного функціонування мало сприяти загальній стабільності системи електропостачання.

На сьогодні такі системи виготовляються на серійних підприємствах і поступово впроваджуються в багатьох країнах незалежно від їхнього економічного рівня.

Аналіз впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) у різних країнах демонструє, що першопрохідцями у цій сфері стали такі держави, як США, Канада, Японія, Німеччина, Ізраїль, Франція, Італія та Швейцарія. Ці країни справедливо вважаються лідерами у впровадженні відповідних технологій.

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженою технологією зв'язку в автоматизованих системах обліку (AMR) є радіозв'язок, наступним за популярністю є низьковольтний PLC-зв'язок.

У системах AMR використовуються технічні рішення на основі PLC-технологій, що дозволяють:

- Зберігати однотарифні індукційні лічильники у більшості споживачів, які є економічно вигідними, або електронні лічильники з передачею показників через силову мережу в групі пристроїв збору даних.
- Впроваджувати у кожного споживача будь-які тарифні системи, зміна яких здійснюється лише через оновлення програмного забезпечення пристроїв збору даних, без необхідності проведення монтажних робіт по заміні лічильників.
- Зчитувати показники лічильників у багатоквартирних будинках за лічені секунди дистанційно, без необхідності доступу до приміщень, де ці лічильники встановлені.
- Виявляти факти крадіжки електроенергії, отримувати сигнали про такі порушення та дистанційно відключати споживачів, які не виконують зобов'язання з оплати за спожиту електричну енергію.

Системи, що передають інформацію через силову мережу, є високоефективними та універсальними, оскільки вони не лише обробляють і аналізують дані про споживання енергетичних ресурсів, а й можуть бути розширені для виконання додаткових функцій. Серед таких функцій можуть бути системи пожежогасіння та сигналізації, що інтегруються в одну мережу. Такий підхід дозволяє знизити термін окупності цих систем та підвищити їх ефективність, оскільки надається можливість комплексного використання інфраструктури для різних задач.

Як було зазначено раніше, впровадження автоматизованих систем обліку та контролю електроенергії (АСКОЕ) дозволяє отримувати точну та достовірну вимірювальну інформацію, що значно підвищує ефективність управління процесами виробництва, розподілу та споживання електричної енергії в цілому. Крім того, використання цих систем дозволяє створювати реалістичні баланси

електроенергії та потужності для поточних режимів споживання, здійснювати довгострокове та короткострокове прогнозування, а також оформляти різноманітні фінансові документи на всіх рівнях системи електропостачання промислових підприємств.

Економічну нестабільність в галузі електроенергетики України значною мірою зумовлюють втрати електричної енергії. Комерційні втрати, у свою чергу, включають метрологічні втрати, що виникають через неточності в роботі трансформаторів струму і напруги, лічильників електричної енергії, а також через несинхронізований збір показників лічильників та випадки розкрадання електричної енергії. Точність вимірювальної інформації в системах обліку залежить від похибок вимірювань на різних рівнях обліку, синхронізації вимірювань і точності обробки результатів. Для зниження комерційних втрат доцільно заохочувати споживачів до впровадження АСКОЕ, що базуються на сучасній вимірювальній техніці та ефективних засобах зв'язку.

Основним компонентом автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є електронний мікропроцесорний лічильник електричної енергії класу точності 1,0 S. Така система забезпечує високоточне вимірювання, автоматизований одночасний збір показників, обробку отриманої інформації та передачу даних про споживання електроенергії до організації, що здійснює постачання енергії споживачеві. Для передачі даних у рамках АСКОЕ активно використовуються виділені та комутуючі телефонні лінії. Проте на даний момент в енергоринку застосовуються засоби телемеханіки, що призводять до середньої похибки в обліку, яка може досягати 15%. Найбільш перспективним рішенням у сучасних умовах є впровадження цифрового GSM-стандарту для передачі даних.

Розвиток ринкової економіки вимагає високої точності та оперативності в обліку електричної енергії. Задоволення цих вимог можливе лише через впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), які оснащені сучасними обчислювальними засобами.

Використання персональних комп'ютерів з спеціалізованим програмним забезпеченням в складі АСКОЕ надає цим системам додаткову гнучкість. Крім забезпечення ефективної роботи АСКОЕ, ці комп'ютери можуть виконувати різноманітні прикладні завдання, зокрема оцінку стану електроенергетичних систем та перевірку достовірності вимірювань, такі як виявлення втрат енергії та локалізація їх джерел.

Основною метою обліку електричної енергії є забезпечення отримання точних даних щодо обсягів виробництва, передачі, розподілу та споживання електричної енергії і потужності на оптовому та роздрібному ринку. Отримані дані дають змогу:

- здійснювати фінансові розрахунки між учасниками ринку електроенергії;
- ефективно управляти режимами енергоспоживання;
- визначати та прогнозувати складові балансу електроенергії, зокрема вироблення, відпуск, втрати та інші;
- оцінювати та прогнозувати витрати палива на виробництво електричної енергії на електростанціях;
- виконувати фінансові оцінки процесів виробництва, передачі та розподілу електроенергії та потужності;
- здійснювати моніторинг технічного стану систем обліку електроенергії в електроустановках, перевіряючи їх відповідність нормативно-технічним вимогам.

Контроль точності обліку електричної енергії забезпечується через щомісячне складання балансу електричної енергії, що надійшла і була відпущена, з урахуванням втрат та витрат на власні потреби. Баланс формується на основі показів лічильників електричної енергії, які знімаються о 24 годині місцевого часу останнього дня кожного розрахункового місяця. Використання традиційного ручного зняття показів лічильників для складання балансу енергії не є абсолютно точним і може призводити до додаткових похибок, оскільки

забезпечити одночасність і безпомилковість запису показників, особливо при великій кількості контрольованих лічильників, є складним завданням.

Впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) надає можливість:

- оперативно контролювати та аналізувати режими споживання електричної енергії і потужності основними споживачами;
- ефективно керувати навантаженням споживачів;
- збирати і формувати дані про виробництво та відпуск електричної енергії на енергооб'єктах;
- передавати інформацію на верхні рівні управління для формування даних, необхідних для проведення комерційних розрахунків між постачальниками і споживачами електричної енергії;
- автоматизувати фінансово-банківські операції та розрахунки зі споживачами.
- АСКОЕ повинні базуватися на серійно випускаємому технічному обладнанні та програмному забезпеченні.

До складу технічних засобів АСКОЕ входять:

- лічильники електричної енергії, оснащені датчиками-перетворювачами, які перетворюють вимірювану енергію в пропорційну кількість вихідних імпульсів або цифровий код (для електронних реверсивних лічильників - окремо для кожного напрямку);
- пристрої збору та передачі даних (ПЗПД), що забезпечують збирання інформації від лічильників і передачу її на вищі рівні управління;
- канали зв'язку з відповідною каналостворюючою апаратурою для передачі вимірної інформації;
- засоби обробки інформації, зазвичай персональні ЕОМ.

З метрологічної точки зору автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є специфічним видом вимірювальних систем, що гарантують автоматизоване отримання результатів вимірювань. Метрологічне

забезпечення таких систем повинно відповідати загальним вимогам, що застосовуються до вимірювальних систем.

Існує три основні типи вимірювальних систем (ВС):

- вимірювальні системи широкого застосування, які розробляються для серійного виробництва у вигляді завершених виробів. Для їх встановлення на місці експлуатації достатньо дотримуватися інструкцій, наведених в експлуатаційній документації.

- вимірювальні системи цільового застосування, що розробляються для одиничного виготовлення або малих партій. Для їх встановлення також достатньо слідувати інструкціям, наданим в експлуатаційній документації.

- вимірювальні системи цільового застосування для конкретних об'єктів (групи однорідних об'єктів), що формуються безпосередньо на об'єкті експлуатації. Ці системи комплектуються з компонентів серійного або одиничного виробництва та проходять монтаж і налагодження згідно з проектною документацією.

За принципом організації, існуючі автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) можна поділити на два основних типи: локальні (для окремих підприємств) і регіональні (багаторівневі).

Локальна АСКОЕ (ЛАСКОЕ), що розміщується на одному підприємстві (наприклад, на підстанції чи виробничому підприємстві), має таку структуру:

- Лічильники електричної енергії та потужності – пристрої для вимірювання енергоспоживання.

- Пристрої збору та передачі даних (ПЗПД) – це можуть бути телесуматори, мультиплексори та інші засоби, що забезпечують збір і передачу вимірювальної інформації.

- Сервер опитування ПЗПД – персональний комп'ютер (ПЕОМ), підключений до ПЗПД або безпосередньо до лічильників електричної енергії (якщо вони мають відповідний інтерфейс). На цьому сервері встановлюється спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволяє приймати дані від ПЗПД і зберігати їх у базі даних результатів вимірювань.

- Робочі місця технологів – персональні комп'ютери, підключені до локальної обчислювальної мережі (ЛОМ) підприємства, де знаходяться сервери опитування ПЗПД і баз даних (БД). Ці сервери вважаються вузлами локальної АСКОЕ. Можлива організація віддалених робочих місць для технологів.

Структура локальної АСКОЕ, як правило, має топологію "загальна шина" і будується із застосуванням стандартних технічних і програмних засобів.

Регіональна багаторівнева автоматизована система комерційного обліку електроенергії (РАСКОЕ) розробляється для організації збирання та обробки даних з кількох локальних систем АСКОЕ. Вона складається з верхніх рівнів, що формують вузли, з'єднані між собою лініями зв'язку, які забезпечують передачу даних через відповідну каналостворюючу апаратуру. РАСКОЕ зазвичай базується на принципах організації мереж Інтернет та Інтранет.

Нижні рівні цієї системи включають локальні АСКОЕ, які постачають інформацію про споживану електричну енергію. Для ефективної взаємодії та обміну даними між вузлами РАСКОЕ необхідно дотримуватися низки вимог до форматів представлення вимірювальної інформації, протоколів обміну даними та баз даних, серед яких можна виокремити:

- стандартизований формат представлення даних;
- узгоджений протокол обміну даними;
- єдина система опису результатів вимірювань і обчислень (кодування);
- можливість організації взаємодії між різними вузлами АСКОЕ;
- відкритість протоколів обміну даними на фізичному рівні та рівні додатку між персональними ЕОМ, ПЗПД і лічильниками в локальній АСКОЕ;
- наявність детального опису структури та особливостей реалізації бази даних локальної АСКОЕ;
- детальний опис принципів функціонування всіх компонентів АСКОЕ, включаючи як апаратне, так і програмне забезпечення.

Основним джерелом вимірювальної інформації в автоматизованій системі комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є її нижній рівень — локальна

АСКОЕ (ЛАСКОЕ). Тому точність і достовірність результатів вимірювань визначаються, в першу чергу, характеристиками якості та точності вимірювальних засобів, що використовуються в складі ЛАСКОЕ.

Окрім цього, важливим показником для забезпечення ефективності АСКОЕ є похибка передачі інформації через канали зв'язку системи.

При використанні лічильника електричної енергії з телеметричним виходом у складі АСКОЕ, інформація про спожиту енергію передається через канал зв'язку у вигляді послідовності імпульсів, частота проходження яких пропорційна вимірюваній електричній потужності. Похибка передачі інформації в даному випадку зумовлена помилками при підрахунку імпульсів, що виникають через наявність перешкод і теплових шумів в лінії зв'язку.

У разі передачі вимірювальної інформації у цифровій формі від лічильника з цифровим виходом, вона кодується двійковим кодом. Кожен біт інформації в такому повідомленні представлений певним сигналом. Приймач реєструє наявність або відсутність сигналу, тим самим фіксуючи кожен передаваний біт. Однак наявність перешкод і теплових шумів у каналі зв'язку може призвести до спотворення робочого сигналу.

Існує думка, що цифрові канали зв'язку не вносять додаткових похибок в результати вимірювань, оскільки цифрові протоколи обміну мають захист від спотворень, спричинених перешкодами. Проте, насправді існує мінімальна кількість спотворень біт у переданому повідомленні, які можуть бути пропущені системою контролю, реалізованою в протоколі. Це означає, що можуть виникати неznайдені помилки, що є типовим для будь-якого протоколу передачі даних.

Типові технічні вимоги до засобів автоматизації контролю та обліку електроенергії та потужності для АСКОЕ включають вимоги до характеристик точності, визначених класом точності лічильника, встановленого на вході каналу, а також вимоги до показників призначення програмного забезпечення, стійкості до зовнішніх впливів та інших аспектів, необхідних для ефективної роботи системи.

В цілому висновки щодо розвитку та створення автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ):

- АСКОЕ розвиваються в двох напрямках: локальні та регіональні (територіально розподілені). Локальні системи розташовані на одному підприємстві, тоді як регіональні охоплюють більш широку територію, збирання даних від кількох локальних систем.

- Для створення локальних АСКОЕ можна використовувати як вітчизняні, так і зарубіжні системи. Вимірювальна частина системи повинна проходити випробування та відповідати вимогам нормативних документів, що гарантує точність і надійність обліку.

- При виборі постачальника апаратури або створенні локальної АСКОЕ необхідно звертати увагу на відкритість системи, наявність описів протоколів обміну даними на фізичному та додатковому рівнях, структуру бази даних і принципи функціонування всіх компонентів. Це дозволить уникнути проблем з інтеграцією локальної системи в регіональну.

- Створення регіональної АСКОЕ є складним завданням, яке вимагає виконання організаційних і технічних вимог, таких як використання універсальних форматів для даних, узгоджені протоколи обміну та забезпечення фізичних можливостей для зв'язку між вузлами системи.

- Дотримання технічних вимог є критично важливим для успішного впровадження та функціонування АСКОЕ в промисловій експлуатації, що гарантує її надійність та ефективність у обліку електроенергії.

## **2.2 Апаратні засоби в системі автоматизованих систем комерційного обліку.**

Апаратні засоби відіграють ключову роль у функціонуванні автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Вони забезпечують точне вимірювання, збирання, обробку та передачу даних про споживання електроенергії, що є основою для обліку і аналізу. Основними компонентами апаратної частини АСКОЕ є:

- Лічильники електроенергії;
- Пристрої збору і передачі даних (ПЗПД);
- Сервери та бази даних;
- Робочі станції. ПК з відповідним програмним забезпеченням;
- Канали зв'язку.

Ця система забезпечує основу для точного та ефективного управління споживанням електроенергії на промислових і комерційних об'єктах.

Аналіз ефективності використання електроенергії з урахуванням особливостей технологічного процесу, моніторинг у реальному часі фактичного навантаження окремих виробництв та підприємства загалом, а також оптимізація режимів роботи виробничих процесів є складним завданням. Його неможливо якісно вирішити за допомогою застарілого обладнання АСКОЕ, яке не відповідає сучасним вимогам.

У зв'язку з цим передові підприємства почали висувати до АСКОЕ підвищені вимоги. Однією з ключових вимог стало забезпечення функціональності, яка дозволяє АСКОЕ не лише виконувати роль системи комерційного обліку електроенергії, але й інтегруватися як підсистема в загальну автоматизовану систему управління технологічними процесами (АСУТП) підприємства.

Нове покоління АСКОЕ базується на мікропроцесорних лічильниках та пристроях збирання й передавання даних (ПЗПД), створених із використанням сучасних промислових контролерів. Водночас, попри впровадження мікропроцесорних технологій, центральною ланкою АСКОЕ залишаються ПЗПД. Саме до них висуваються основні вимоги щодо функціональних можливостей. Зокрема, першочергово акцентується увага на комунікаційних характеристиках ПЗПД, які є ключовими для побудови сучасних автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії.

Пристрої збирання та передавання даних (ПЗПД) для сучасних АСКОЕ мають підтримувати широкий спектр стандартних інтерфейсів зв'язку, що

застосовуються в автоматизованих системах управління технологічними процесами (АСУ ТП). Серед них:

- послідовні інтерфейси, такі як RS-232, RS-485, ІРРС;
- локальні мережі, зокрема Ethernet;
- радіоканали зв'язку;
- польові шини, такі як ProfiBus і CANBus.

Крім того, важливою вимогою є використання стандартних протоколів передавання даних, зокрема TCP/IP, PPP, SLIP та інших, що забезпечує універсальність і сумісність пристроїв.

ПЗПД повинні мати здатність одночасно працювати по кількох каналах зв'язку, опрацьовуючи різні потоки даних. Модульна структура таких пристроїв є ще однією перевагою, адже вона дозволяє адаптувати їх під конкретні потреби, мінімізуючи зайві компоненти та, відповідно, знижуючи витрати на обладнання.

Висока надійність, можливість віддаленої діагностики, а також необслуговуваність є ключовими вимогами до ПЗПД, що забезпечують їхню довговічність і ефективність у промислових умовах.

Одна із систем комерційного багатотарифного обліку електроенергії на базі електронних трифазних лічильників «Альфа» фірми АВВ.

Підприємство «Укренергоналадкавимірювання» пропонувало три варіанти реалізації систем обліку електроенергії:

- 1) Локальна система обліку з ручним зніманням показів:

У цьому варіанті показники лічильників зчитуються вручну, без використання автоматизованих засобів. Це традиційний підхід, що не вимагає значних технічних ресурсів.

- 2) Локальна система обліку з комп'ютеризованим зніманням показників:

Система поєднує кілька лічильників серії «Альфа» та портативний комп'ютер (Notebook) з оптичним зчитувальним пристроєм. Споживач отримує від підприємства програмне забезпечення для збору даних і детальні інструкції. Зчитування показників виконується шляхом обходу або об'їзду встановлених

лічильників після закінчення розрахункового періоду, і всі дані зберігаються в пам'яті комп'ютера.

### 3) Дистанційна автоматична система обліку:

Найбільш прогресивний варіант, який включає лічильники «Альфа», дистанційні термінальні пристрої, змонтовані на трансформаторних підстанціях або розподільчих пунктах, комерційний комп'ютерний диспетчерський центр обліку та канали зв'язку (кабельні, радіо, високочастотні, оптоволоконні). Ця система дозволяє виконувати як функції обліку електроенергії, так і завдання регулювання. Вона здатна фіксувати стан вимикачів і керувати їх відключенням вручну або автоматично з диспетчерського центру, що сприяє ефективному доведенню лімітів потужності та управлінню електроспоживанням.

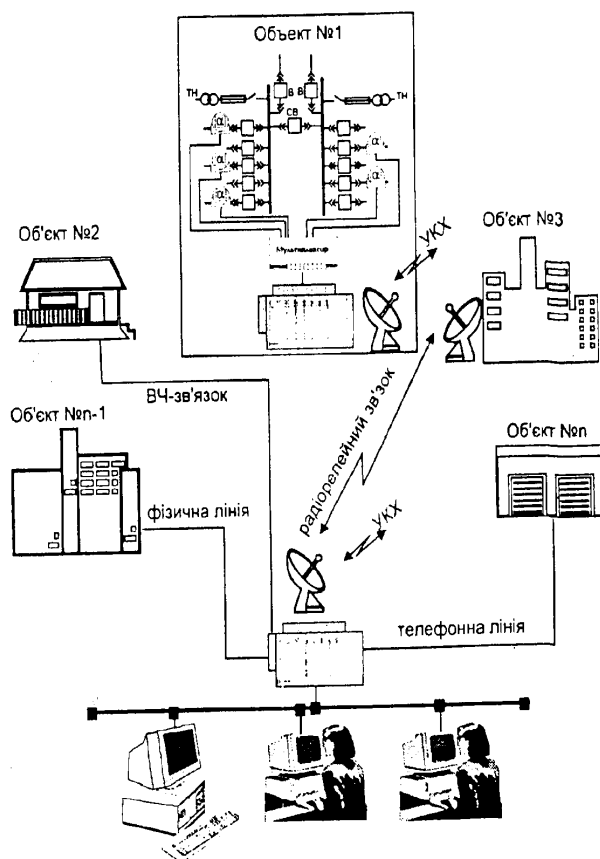


Рис. 2.1. Дистанційна автоматична система обліку електроенергії і керування електроспоживанням із застосуванням електронних лічильників електроенергії «АЛЬФА»

Таблиця 2.1

## Типовиконання пристроїв збору та передачі даних(ПЗПД) RTU-300

Найменування	RTU-320	RTU-310	RTU-300
Тип процесора	M68302 і TIMSP430	M68360 і TIMSP430	M68040(MC68060) і TIMSP430
DRAM	512 kB-1,5 MB	1-4 MB	2-32 MB
SRAM	64-256 kB	256 kB-2 MB	1-4 MB
FLASH	1-2 MB	1-2 MB	2-4 MB
Підтримка Ethernet	Ні	Так	Так
Підтримка Profibus	Так	Так	Так
RS-232	1	16 (max)	32 (більше, якщо шафа)
RS-232	1	2 (max)	2 (більше, якщо шафа)
RS-232 (Rx, Tx, GND)	1	16 (max)	32 (більше, якщо шафа)
DIN входи (не більше)	16	80	256
Сумарна кількість оброблюваних каналів вимірювання (цифровий + імпульсний)	32 (64)	64 (128)	256 (512)
Частота опитування (вибирається з 2х рядів)	1, 3, 5 хв. 15, 30 хв.	1, 3, 5 хв. 15, 30 хв.	1, 3, 5 хв. 15, 30 хв.
Можливість одночасної роботи з різними частотами опитування	Так	Так	Так
Робоча температура (розширений діапазон), °C	Від 0 до плюс 70 Від мінус 40 до плюс 85	Від 0 до плюс 70 Від мінус 40 до плюс 85	Від 0 до плюс 70 Від мінус 40 до плюс 85
Напруга живлення,В	180-264	180-264	180-264
Енергонезалежна пам'ять	Так	Так	Так
Термін зберігання даних в енергонезалежній пам'яті	3 роки	3 роки	3 роки
Сезони	4 (12)	4 (12)	4 (12)
Тарифи	До 48	До 48	До 48
Маса, кг	Менше 7	Менше 9	-
Габаритні розміри, мм	265x240x140	265x240x330	-

До складу програмного забезпечення, яке може постачатися з системами комерційного обліку електроенергії, входять три основні програмні продукти:

- Програмний комплекс «ENERGETIC MONITOR». Призначений для моніторингу, аналізу та управління режимами енергоспоживання. Забезпечує інструменти для спостереження за ключовими параметрами електроспоживання та їхньої оптимізації.

- Програма для аналізу та оптимізації графіків навантаження - цей інструмент дозволяє оцінювати графіки енергоспоживання та вибирати найбільш ефективні з них у контексті багатотарифного обліку, що сприяє мінімізації витрат і підвищенню енергоефективності.

- Робоча станція диспетчерського керування. Програмно-апаратний модуль реального часу, який виконує функції управління, контролю та координації технологічних процесів у системах енергоспоживання підприємств.

Процес введення багатотарифної системи обліку передбачає оформлення відповідного акту, що затверджується за участі інспектора Держенергонагляду та фахівця підприємства-замовника.

Застосування таких програмних рішень дозволяє підвищити ефективність обліку електроенергії, зменшити витрати та забезпечити надійне управління енергетичними ресурсами.

АСКОЕ OASYS на базі лічильників «Облік»

На основі інтелектуальних лічильників «Облік», а також інших приладів та спеціалізованого програмного забезпечення АСУЕ OASYS (OBLIK Accounting SYStem), розробляються об'єктно-орієнтовані автоматизовані системи обліку електроенергії. Ці системи здатні виконувати низку важливих функцій, серед яких:

- Оперативний контроль за навантаженнями енергоспоживання;
- Передавання команд для оперативного коригування режимів енергоспоживання;

- Реєстрація витрат електроенергії з диференціацією по періодах доби, а також вихідним і святковим дням, змінам сезонів і переведенню на зимовий чи літній час;
- Створення та підтримка бази даних, яка функціонує протягом всього часу роботи системи;
- Реєстрація дій оперативно-технічного персоналу;
- Формування звітів з енергоспоживання;
- Облік витрат інших енергоносіїв (води, газу, пари тощо) через імпульсні канали.

Програмне забезпечення системи працює в середовищі Windows 95/98/NT.

До складу системи (рис. 2.3) входить лічильник «Облік» (рис. 2.2), який забезпечує вимірювання таких параметрів у мережі змінного струму:

- Напруги та струму по кожній фазі;
- Частоту;
- Активну та реактивну потужність;
- Активну та реактивну енергію в обох напрямках (прямому і зворотному).

Це програмно-апаратне рішення сприяє ефективному обліку енергоспоживання, дозволяючи здійснювати комплексний моніторинг та управління споживанням енергоресурсів.



Рис. 2.2. Лічильник електроенергії «Облік».

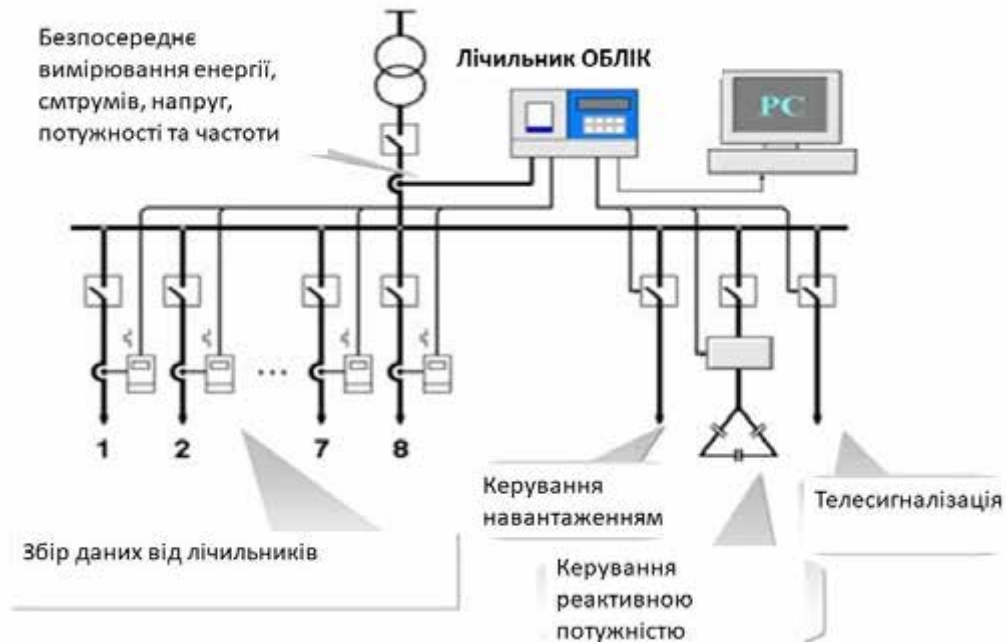


Рис. 2.3. АСКОЕ на базі інтелектуального лічильника електроенергії «Облік».

Лічильник «Облік» виконує низку функцій, що забезпечують точність та надійність обліку енергоспоживання, серед яких:

- Формування графіків навантажень, що дозволяє оптимізувати використання енергоресурсів;
- Фіксування пікових значень спожитої активної потужності для аналізу та прогнозування;
- Передача імпульсної інформації та команд для телекерування через 6 каналів зв'язку;
- Збереження інформації навіть у випадку вимкнення живлення, що забезпечує збереження даних для подальшого аналізу;
- Приймання телеметричної імпульсної інформації через 8 каналів, що дозволяє отримувати додаткові дані для моніторингу;
- Компенсація похибок вимірювальних трансформаторів для підвищення точності вимірювань;
- Врахування втрат електроенергії в елементах мережі, що допомагає ефективніше управляти енергоспоживанням;

- Вимірювання активної та реактивної потужності в реальному часі, що дає змогу здійснювати оперативний контроль режимів енергоспоживання;
- Контроль якості електроенергії для забезпечення стабільної роботи технологічних процесів;
- Фіксування часу роботи, неробочого ходу та простою технологічного обладнання, що допомагає аналізувати ефективність його використання;
- Потрійний захист інформації від несанкціонованого доступу для забезпечення безпеки даних;
- Дубльоване живлення, що гарантує безперервну роботу при різних умовах енергозабезпечення.

Лічильник також забезпечує виконання ряду діагностичних функцій, що сприяють своєчасному виявленню проблем у системі:

- Діагностування власних несправностей та подій, що дозволяє оперативно виявляти технічні неполадки самого приладу;
- Діагностування несправностей та подій в енергосистемі, що дозволяє відстежувати можливі проблеми в електричній мережі;
- Діагностування приєднань, що забезпечує перевірку правильності підключення та роботи системи;
- Контроль терміну дії тарифних сіток, що дозволяє своєчасно оновлювати інформацію про зміни в тарифах.

Основні переваги системи АСКОЕ OASYS полягають у розширених функціональних можливостях лічильників «Облік». Облік електроенергії здійснюється шляхом обробки та збереження даних безпосередньо в точці вимірювання, у пам'яті лічильника. Після цього оброблені дані передаються на сервер, де вони зберігаються в базі даних. Інформація з сервера передається через лінії зв'язку до автоматизованих робочих місць (АРМ). У разі несправності ліній зв'язку, АРМ чи сервера, накопичена інформація зберігається в лічильниках «Облік» і може бути відновлена після проведення необхідних ремонтних робіт.

Для здешевлення систем обліку на об'єктах із складною структурою (наявність субабонентів, технічний облік тощо) можуть використовуватися

додаткові вимірювальні канали лічильників «Облік». Лічильники «Облік» встановлюються на основних фідерах підстанцій, а для інших споживачів можуть використовуватися однотарифні електронні лічильники з імпульсним виходом або індукційні лічильники з імпульсними перетворювачами обертів диска. Дані обліку електроенергії, зокрема з розподілом по облікових зонах (ніч, пік, напівпік) і графіки навантажень для всіх фідерів, зберігаються в енергонезалежній пам'яті лічильників «Облік».

Автоматизовані системи обліку електроенергії OASYS можуть бути перетворені в системи управління, зокрема для регулювання виробітку реактивної енергії, а також можуть бути інтегровані в існуючі або нові автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП). У системах АСКОВ OASYS підтримуються всі типи зв'язку, зокрема виділені провідні лінії з частотним розподілом каналів, комутовані телефонні лінії, стільниковий та транкінговий зв'язок, а також виділений радіоканал.

Швидкість передачі даних від лічильників «Облік» можна налаштувати в широкому діапазоні — від 49,9 біт/сек до 57,700 біт/сек. Крім того, в системі передбачена можливість індивідуального налаштування режимів прийому та передачі інформації для кожного каналу, враховуючи його реальні характеристики.

### **3. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ГРУПИ LEGRAND ПО ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ**

#### **3.1 Загальний опис системи диспетчеризації Legrand CX3 EMS**

Французька компанія Legrand, визнаний світовий експерт у галузі електричних та інформаційних систем для будівель, пропонує широкий спектр вимірювальних та диспетчерських рішень для електричних мереж. Їхні технології адаптовані до різноманітних завдань і забезпечують комплексний контроль та ефективне управління системами.

Рішення від компанії Legrand відзначаються універсальністю, яка забезпечує їхню сумісність з іншими системами енергетичного управління. Це ефективні та автоматизовані інструменти для моніторингу споживання енергоресурсів, які гарантують стабільну роботу і точне управління електротехнічними установками.

Система диспетчеризації CX3 EMS пропонує повний спектр функцій для ефективного централізованого управління електроустановками. Вона забезпечує повний контроль завдяки простому трьохетапному процесу:

- установлення всіх необхідних пристроїв для виконання визначених функцій;
- локальне або віддалене програмування та налаштування пристроїв для передачі даних оператору або зовнішнім системам;
- моніторинг і управління всіма процесами через IT-інструменти, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання у будь-який час і з будь-якого місця.

Система забезпечує можливість:

- здійснювати облік енергоспоживання для всіх навантажень електричної установки;
- вимірювати електричні параметри, такі як струм, напруга, потужність тощо;

- моніторити стан електричної мережі та пристроїв захисту як у локальному, так і у віддаленому режимах;
- здійснювати управління захисними пристроями та приводами електродвигунів, як локально, так і дистанційно, в ручному або автоматичному режимах.

Система управління енергією СХЗ EMS дозволяє здійснювати віддалену передачу даних з електрощита. Інформація може бути відображена як безпосередньо на місці, так і через інтернет-з'єднання на вбудованих дисплеях або на таких пристроях, як ПК, смартфони та планшети. Ця система забезпечує точний моніторинг споживання енергії в будівлі та дозволяє здійснювати повний контроль над роботою всього обладнання, мінімізуючи ризики виникнення збоїв.

Вимірювання та облік споживання енергоресурсів сприяє зниженню витрат завдяки:

- контролю за енергоспоживанням;
- управлінню споживанням енергії;
- адаптації налаштувань режиму роботи для оптимізації споживання протягом часу.

Моніторинг стану та контроль електроустановки гарантує її безперебійну роботу за рахунок:

- подачі та відображення аварійних сигналів у реальному часі;
- чіткого розуміння поточного стану електроустановки;
- запобігання пошкодженню компонентів електроустановки.

Аналіз даних для оптимізації процесів включає:

- планування майбутнього розподілу споживання електроенергії на основі інформації про енергоспоживання різними навантаженнями за певний проміжок часу;
- реєстрацію максимальних та мінімальних значень параметрів (струму, напруги), що дозволяє визначити період найбільш інтенсивного навантаження електроустановки та при потребі відключати менш пріоритетні мережі;

- ведення журналу подій для запобігання аварійним ситуаціям.

Максимальна кількість функцій та можливостей, які надаються автоматизованою системою, знижує потребу у втручаннях та мінімізує їх кількість. Розширення автоматизованої електричної інфраструктури зменшує необхідність ручного втручання в роботу електроустановки, що сприяє значній оптимізації споживання енергії.

Система CX3 EMS є новітньою спрощеною технологією диспетчеризації, яка забезпечує локальне або дистанційне вимірювання, моніторинг і контроль параметрів електричних установок. Вона може працювати як самостійно, так і бути інтегрованою в більш складніші системи через інноваційну технологію з'єднання, що полегшує монтаж і не впливає на існуючі внутрішні підключення в щиті. Система вирізняється надкомпактними розмірами та надає повний спектр функцій диспетчеризації електроустановок, включаючи:

- вимірювання параметрів;
- контроль стану комутаційних пристроїв (увімкнено/вимкнено/спрацювало);
- управління електричними апаратами;
- лічильник імпульсів;
- зв'язок через послідовний протокол;
- відображення параметрів.

### **3.2 Переваги системи Legrand CX3 EMS**

Система CX3 EMS вирізняється своїм надкомпактним дизайном та забезпечує повний набір функцій для управління електроустановками, виконує конкретні функції для ефективного контролю всіх електроустановок.

Особливості цієї системи:

- Простота встановлення: система оснащена швидкими підключеннями через комунікаційну рейку або патч-корди, що не впливають на внутрішні електричні з'єднання панелі.

- Легкість налаштування: налаштування можна здійснити безпосередньо в електрощиті без потреби в ПК, а також з віддалених пристроїв, на яких встановлене відповідне програмне забезпечення.
- Сумісність з усіма пристроями захисту: модулі CX3 EMS сумісні з будь-якими типами пристроїв захисту (як модульними, так і силовими) незалежно від виробника.
- Підходить для нових та існуючих щитів: завдяки компактним розмірам і двом методам підключення, система може бути встановлена як в нові, так і в існуючі розподільні щити.

Нижче розглянемо модулі системи CX3 EMS:

- Вимірювальні модулі EMS, які мають аналогічні характеристики до традиційних контрольно-вимірювальних приладів, виконують обчислення споживання електроенергії в однофазних і трифазних мережах, а також здійснюють вимірювання різноманітних електричних параметрів, таких як:

- Активна (кВт), реактивна (кВАР) та повна (кВА) потужність по фазах та загальна.
- Фазна та міжфазна напруга.
- Струм по кожній фазі.
- Частота та коефіцієнт потужності ( $\cos \varphi$ ).
- Гармонічні складові сигналу.

- Модуль-концентратор призначений для прийому та обробки імпульсів, що надходять від лічильників енергоресурсів (електроенергії, газу, води тощо). Він підтримує підключення до трьох лічильників.

- Модулі сигналізації - це компактні модулі для індикації комутаційного положення контрольованого апарата, підключені до його допоміжних контактів:

- вимкнений;
- увімкнений;
- спрацював.

Є виконання зі світлодіодами індикації:

- положення автоматичного вимикача в литому корпусі: «приєднаний» і «від'єднаний»;
- стану пружини повітряного автоматичного вимикача: «зведена» і «спущена».



Рис. 3.1. Модулі вимірювання та сигналізації системи CX3 EMS

- Модуль керування – є універсальним. Він забезпечує дистанційне керування електричними навантаженнями – реле, контакторами, електроприводами модульних та немодульних автоматичних вимикачів незалежно від їхнього виробника.

- Модуль сигналізації та керування. Модуль контролю положення імпульсних двостабільних реле та модульних контакторів на струм до 25 А шириною 1 або 2 стандартних модуля.

- Модуль зв'язку. Комунікаційний інтерфейс EMS CX<sup>3</sup> / RS 485 перетворює дані мережі EMS CX<sup>3</sup> на дані мережі MODBUS RS 485 для їх відображення та обробки за межами щита.

- Модуль програмування та відображення. Модуль-конфігуратор для місцевого керування всією електроустановкою:

- конфігурування системи;
- тестування;
- відображення споживання;
- обробка аварійних сигналів;
- управління апаратами;
- збереження аварійних сигналів у пам'яті.

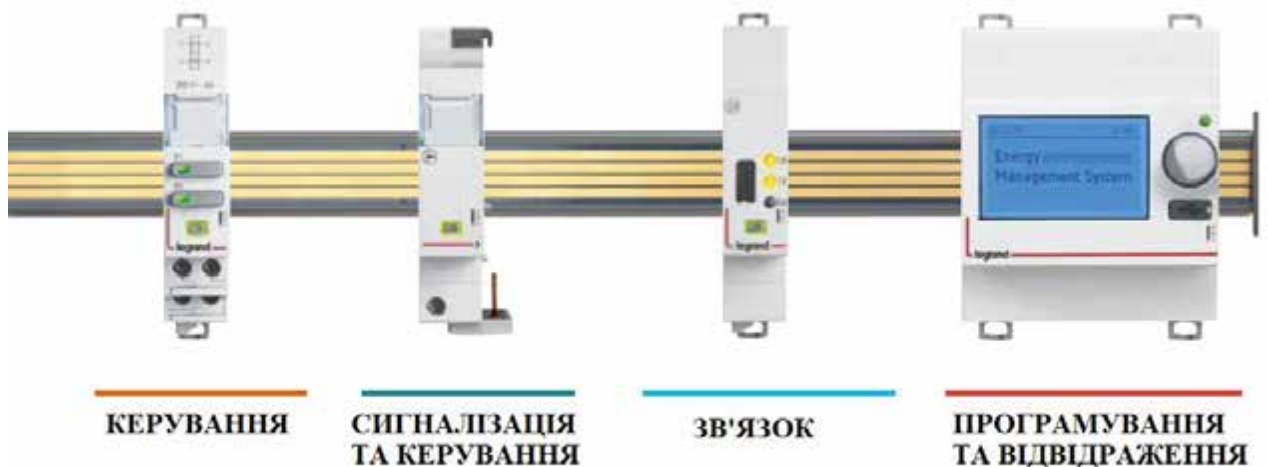


Рис. 3.2. Модулі керування, сигналізації, зв'язку та програмування системи CX3 EMS.

Однією з основних переваг цієї системи є швидке та зручне підключення ліній передачі даних, яке не потребує додаткового простору всередині електрощита. При використанні шини зв'язку підключення відбувається автоматично через контакти заднього роз'єму під час фіксації модуля CX3 EMS на DIN-рейці в електрощиті.

Для живлення системи використовується безпечна наднизька напруга (Ultra Low Voltage). Система підтримує два типи підключення:

- Підключення через інноваційну комутаційну рейку.

- Підключення за допомогою патч-кордів, що забезпечують швидку фіксацію.

При використанні комутаційної рейки підключення відбувається автоматично через задні роз'єми модулів системи CX3 EMS. Для підключення за допомогою патч-кордів всі модулі CX3 EMS оснащені двома роз'ємами, розташованими в нижній частині корпусу.

Система CX3 EMS спроектована для зручного та ефективного управління всіма функціями електроустановки як безпосередньо через розподільний щит без використання ПК, так і через віддалені пристрої за допомогою безкоштовного програмного забезпечення. Універсальні модулі сигналізації та управління мають 4 перемикачі для налаштування різних функцій. Модуль конфігурації дає змогу налаштувати систему та переглядати всі підключені модулі без необхідності підключення до ПК або IP-мережі. Кожен модуль оснащений перемикачем для встановлення адреси в локальному режимі, а це ж налаштування можна зробити і на центральному модулі. Всі модулі мають кнопку з багатофункціональним триколірним світлодіодом для індикації статусів, таких як «нормальна робота», «режим очікування», «програмування», «оновлення», «немає зв'язку з системою» тощо.

Система має високу адаптивність до різноманітних електроустановок. Модулі CX3 EMS спроектовані для установки на DIN-рейку та оптимізовані для роботи з модульними автоматичними вимикачами DX3, якими вони керують. Однак вони також здатні управляти автоматичними вимикачами в литому корпусі DPX3 та повітряними вимикачами DMX3. Універсальний конфігурований сигнальний модуль може бути підключений до будь-яких допоміжних сигнальних контактів автоматичних вимикачів, встановлених на DIN-рейку, а також до силових автоматичних вимикачів. Цей модуль забезпечує як локальне, так і дистанційне управління різними електричними навантаженнями, включаючи електроприводи модульних пристроїв захисту, розташованих на DIN-рейці, або пристрої, що монтуються на монтажній платі.

На модулі є дір-перемикачі для налаштування: типу контакту та принципу роботи (фіксований або самоповернений).

Модуль вимірювання великих струмів, що використовує зовнішні трансформатори з коефіцієнтом трансформації до 6400, дозволяє застосовувати його в потужних головних розподільних щитах.

### 3.3 Приклади застосування системи Legrand CX3 EMS

Система управління енергією CX3 EMS має універсальний характер і може бути ефективно застосована в різноманітних сферах. Нижче наведемо приклади її конфігурацій:

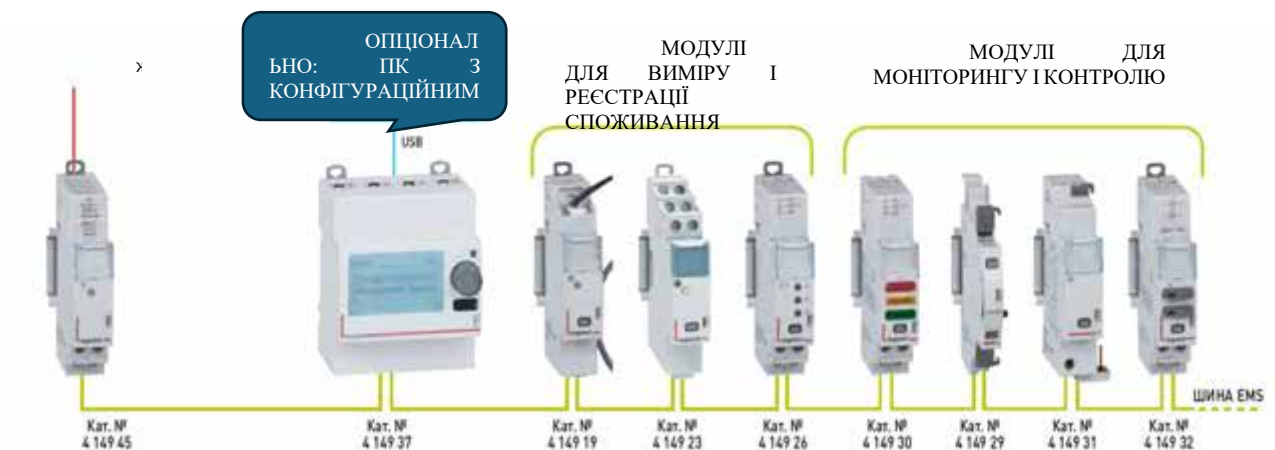


Рис. 3.3. Автономна конфігурація системи енергоуправління CX3 EMS

Автономна конфігурація (рис.3.3) є оптимальним рішенням для автономних електроустановок, де локальне управління та моніторинг вимагають:

- відстеження споживання енергоресурсів (електроенергія, вода, газ, теплові навантаження) та контролю стану автоматичних вимикачів, реле, контакторів, кінцевих вимикачів і інших пристроїв;
- здійснення локального керування автоматичними вимикачами, реле, контактами та іншими елементами;
- реєстрації аварійних ситуацій (до 20 сигналів);

- виконання простих автоматизованих операцій з керування навантаженням;
- здійснення базових налаштувань електричних установок для підтримання їх стабільної роботи.

Такий підхід забезпечує надійне та ефективне функціонування в умовах автономії, з можливістю моніторингу і управління без необхідності використання складних автоматизованих систем або віддаленого підключення.

Система управління енергією CX3 EMS застосовується в різноманітних об'єктах, включаючи житлові та невеликі комерційні будівлі, зокрема ті, що оснащені сонячними панелями для виробництва електроенергії та підігріву води. Вона забезпечує ефективне управління енергоспоживанням в таких умовах, оптимізуючи використання ресурсів.

Особливості монтажу:

- Максимальна кількість пристроїв: до 32 пристроїв, що дозволяє налаштувати систему для невеликих об'єктів з різними вимогами до управління енергоспоживанням.
- Максимальна відстань між пристроями: до 3 м, що забезпечує достатню гнучкість при встановленні пристроїв в межах об'єкта.
- Максимальний струм споживання всієї системи: 1500 мА, поділений на 3 взаємопов'язані групи, що дозволяє зручно розподілити навантаження та забезпечити надійне функціонування.
- Максимальний струм споживання для кожної групи: 500 мА від одного силового модуля, що дозволяє оптимально розподіляти енергоресурси між різними частинами системи.

Мережева конфігурація (рис. 3.4) є ідеальним рішенням для автономних електроустановок, де, окрім функцій, згаданих у попередньому прикладі, необхідно:

- Відслідковувати зміну електричних параметрів, таких як напруга, струм, потужність, коефіцієнт потужності, частота, рівень

гармонічних спотворень тощо, що дає можливість детально аналізувати стан енергетичних мереж.

- Створювати гістограми та звіти про споживання енергії, щоб систематизувати дані про використання енергоресурсів та виявити закономірності чи проблеми у енергоспоживанні.
- Реєструвати події та аварії, що дозволяє ефективно реєструвати критичні ситуації і забезпечувати своєчасну реакцію на неполадки.
- Зберігати дані в файли та автоматично надсилати їх через електронну пошту або SMS, що забезпечує зручність доступу до звітів і збереження важливої інформації для подальшого аналізу.
- Автоматизувати управління навантаженням, що дозволяє ефективно розподіляти навантаження та знижувати енергоспоживання в залежності від потреб.
- Мати доступ до системи через смартфони, планшети, ПК та інші пристрої, що надає можливість віддаленого контролю і управління, забезпечуючи зручність моніторингу та налаштування системи з будь-якої точки.



Рис. 3.4. Мережева конфігурація системи енергоуправління CX3 EMS

Сфера застосування мережевої конфігурації включає житлові та невеликі комерційні будівлі, які потребують віддаленого моніторингу та управління

електроустановками, як було зазначено раніше. Ця система забезпечує ефективне управління енергоспоживанням і підвищує зручність використання для кінцевих споживачів.

Особливості монтажу:

- Максимальна кількість пристроїв: 32.
- Максимальна відстань між двома пристроями: 3 метри.
- Максимальний струм споживання всієї системи: 1500 мА, розподілений на три взаємопов'язані групи.
- Максимальний струм споживання для кожної групи: 500 мА від одного силового модуля.

Онлайн-конфігурація (рис3.5) є оптимальним рішенням для електроустановок, де, окрім функцій, описаних у попередньому прикладі, необхідно інтегрувати окремі системи CX3 EMS в мережу пристроїв MODBUS.

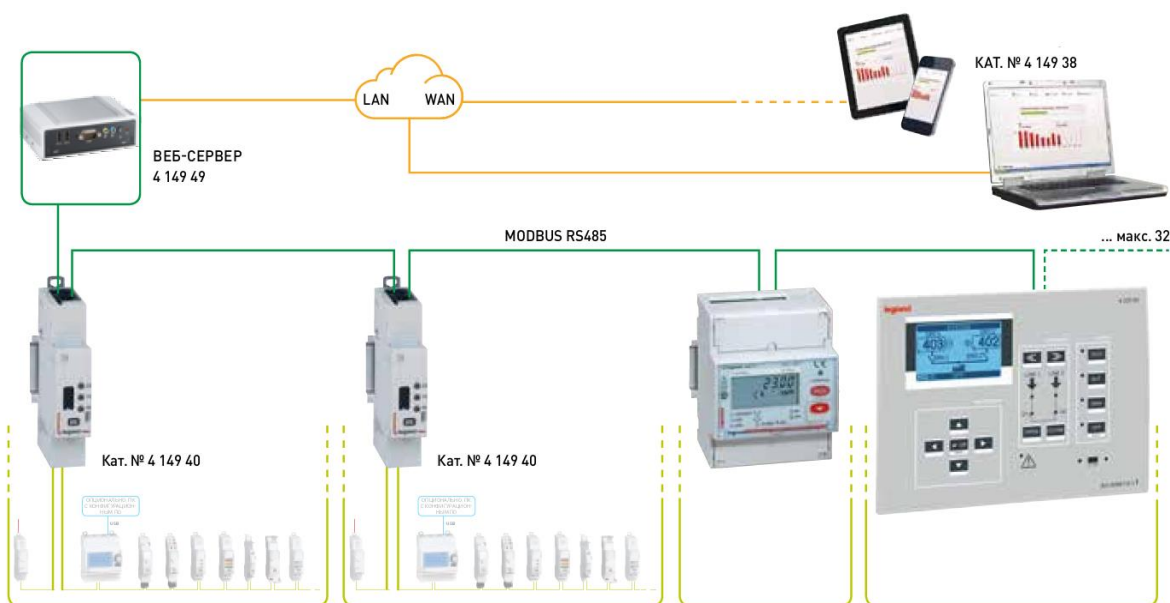


Рис. 3.5. Онлайн-конфігурація системи енергоуправління CX3 EMS

Це рішення дозволяє:

- Реалізувати додаткові функції контролю та вимірювання.

- Контролювати та регулювати параметри підключених та виносних електронних реле, що використовуються для захисту автоматичних вимикачів на великі струми.
- Контролювати та налаштовувати параметри пристроїв автоматичного входу резервного джерела живлення.

Сфера застосування:

Онлайн-конфігурація ідеально підходить для будівель з простими електроустановками, включаючи ті, що складаються з кількох шаф. Вона дозволяє здійснювати контроль і управління електричними навантаженнями, забезпечуючи високу ефективність і зручність використання.

Особливості монтажу:

- Максимальна кількість пристроїв: 32 пристрої MODBUS.
- Максимальна довжина шини RS485: 1000 метрів.
- Максимальне значення адреси MODBUS: 247.

Ця конфігурація забезпечує високий рівень гнучкості та інтеграції з іншими системами управління, що робить її ідеальним вибором для складних і масштабованих електричних установок.

Мультисайт-конфігурація (рис.3.6).

Ця конфігурація підходить для автономних електроустановок, розташованих на різних об'єктах, які потребують віддаленого управління та моніторингу.

Забезпечує управління електроустановками через інтернет із використанням смартфонів, планшетів, ПК та інших пристроїв.

Має два рівні візуалізації:

- Локальний: контроль і управління окремим об'єктом.
- Віддалений: можливість адмініструвати кілька об'єктів одночасно у спеціалізованому інтерфейсі "адміністратор".

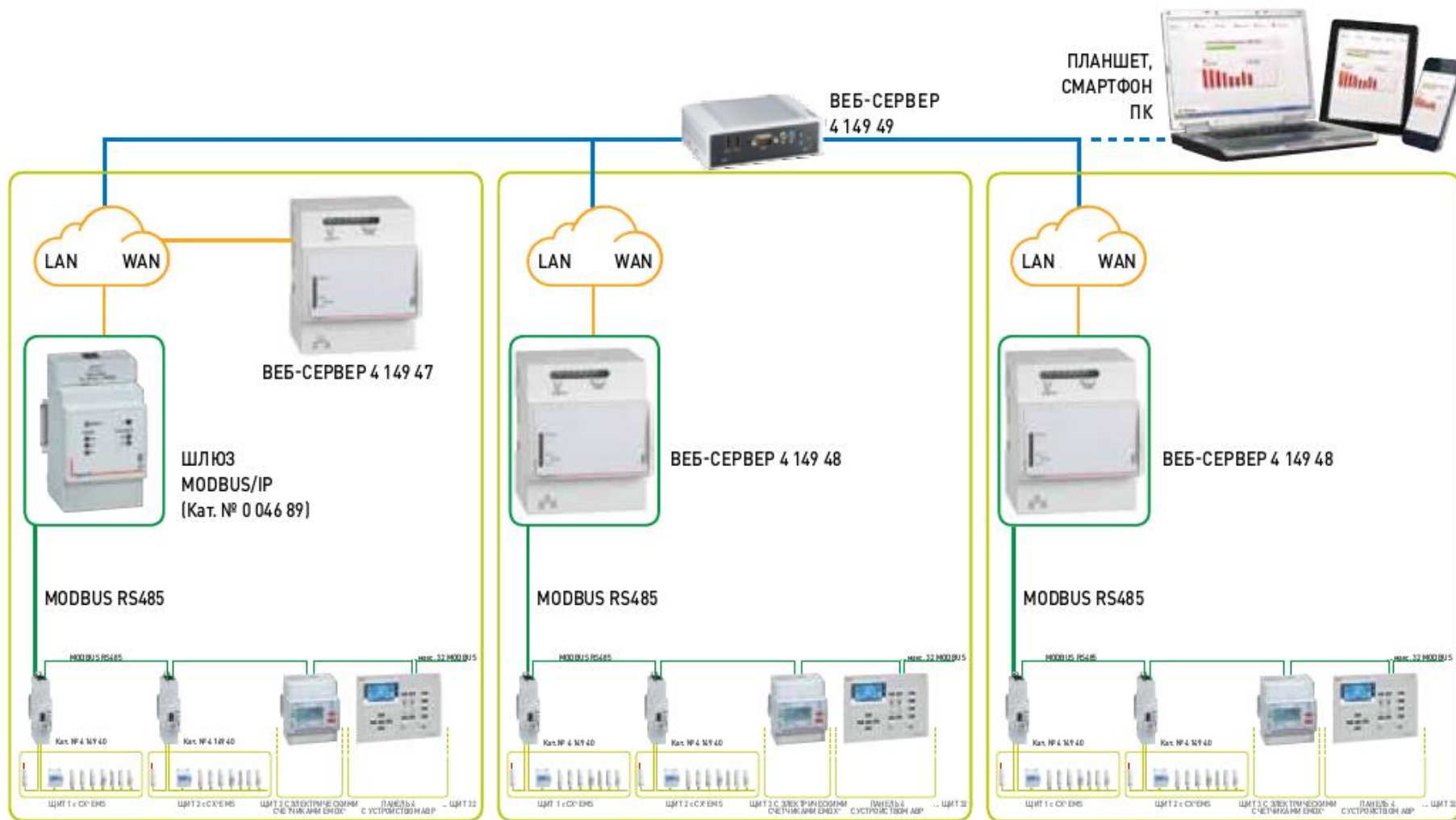


Рис. 3.6. Мультисайт-конфігурація системи енергоуправління CX3 EMS

Сфера застосування мультисайт-конфігурації:

Мультисайт-конфігурація підходить для об'єктів, де важливо забезпечити централізоване управління електроустановками. До таких об'єктів належать:

- промислові об'єкти,
- відділення банків,
- автозаправні станції,
- школи,
- мережеві ресторани або магазини.

Мультисайт-конфігурація дозволяє централізовано керувати електроустановками, оптимізуючи їх роботу та знижуючи витрати на обслуговування завдяки зручному доступу до інформації та інструментів управління. Зменшення експлуатаційних витрат та швидке реагування на аварійні ситуації.

## 4. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Впровадження сучасних систем обліку та моніторингу електроенергії в промисловості є важливим інструментом для підвищення енергоефективності підприємств. Такі системи забезпечують не лише технічний контроль за параметрами електромереж, а й значний економічний ефект завдяки оптимізації витрат і підвищенню ефективності виробничих процесів.

Розглянемо більш детально основні аспекти:

### 1. Зменшення виробничих витрат

Одним із ключових економічних ефектів є зниження вартості енергоспоживання. У промисловості витрати на електроенергію становлять значну частку собівартості продукції. Системи моніторингу дозволяють детально аналізувати енерговитрати, виявляти найбільш енерговитратні процеси й оптимізувати їх. Наприклад, завдяки автоматизації управління навантаженням можна досягти зменшення пікових навантажень, що дозволяє уникнути штрафів за перевищення лімітів потужності.

### 2. Оптимізація роботи обладнання

Сучасні системи моніторингу забезпечують детальний аналіз роботи електрообладнання. Завдяки цьому можна виявляти обладнання, що працює з низьким коефіцієнтом корисної дії, та своєчасно замінювати його або модернізувати. Крім того, системи дозволяють запобігати перевантаженням і виходу з ладу дорогих електричних пристроїв, що суттєво скорочує витрати на їхній ремонт і технічне обслуговування.

### 3. Скорочення втрат електроенергії

У промислових мережах значна частка електроенергії може втрачатися через поганий стан мереж, низьку якість обладнання або неправильне його налаштування. Системи обліку та моніторингу дозволяють виявляти такі проблеми, як перекози фаз, надлишкові реактивні потужності та гармонічні спотворення. Вчасне усунення цих недоліків допомагає значно скоротити втрати електроенергії.

#### 4. Автоматизація обліку та зменшення людського фактора

Ручний облік енергоспоживання вимагає значних ресурсів і є схильним до помилок. Автоматизація цього процесу дозволяє отримувати точні дані в реальному часі, що зменшує вплив людського фактора та прискорює підготовку звітів. Це також забезпечує прозорість енерговитрат, що важливо для прийняття стратегічних управлінських рішень.

#### 5. Поліпшення прогнозування та планування

Системи моніторингу надають історичні дані про енергоспоживання, що дозволяє аналізувати тренди й точно прогнозувати потреби підприємства. Це особливо важливо для промислових об'єктів із сезонними або змінними графіками роботи. Крім того, на основі цих даних можна розробляти ефективні стратегії модернізації енергосистеми, інвестуючи кошти в найбільш проблемні ділянки.

#### 6. Підвищення конкурентоспроможності

Зменшення енерговитрат безпосередньо впливає на собівартість продукції, що робить підприємство більш конкурентоспроможним. Крім того, сучасні системи моніторингу дозволяють підприємствам відповідати міжнародним стандартам енергоефективності, що відкриває можливості для співпраці з іноземними партнерами та виходу на нові ринки.

#### 7. Зменшення екологічного навантаження

Енергоефективність тісно пов'язана з екологічними показниками. Зменшення споживання енергії веде до зниження викидів парникових газів і скорочення використання природних ресурсів. Це важливо для підприємств, які прагнуть покращити свою екологічну репутацію та відповідати вимогам сучасного екологічного законодавства.

Впровадження сучасних систем обліку та моніторингу електроенергії в промисловості є стратегічно важливим кроком для підвищення енергоефективності підприємств. Вони не лише дозволяють оптимізувати витрати та зменшити втрати, але й сприяють підвищенню надійності роботи електроустановок і забезпечують екологічні переваги. У довгостроковій

перспективі це забезпечує значний економічний ефект і підвищує конкурентоспроможність підприємств на ринку.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

У рамках розробки заходів із зниження споживання електроенергії промисловими споживачами особливу увагу необхідно приділити питанням охорони праці. Забезпечення безпечних умов праці є обов'язковим етапом будь-якої технічної модернізації, включаючи впровадження рішень із підвищення енергоефективності.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці", стаття 13, роботодавець зобов'язаний забезпечувати безпечні та нешкідливі умови праці, включаючи заходи з модернізації обладнання, яке використовується для зниження енергоспоживання. Всі енергозберігаючі пристрої, впроваджені на підприємстві, повинні відповідати вимогам державних стандартів безпеки (ДСТУ EN ISO 12100:2014 "Безпечність машин. Загальні принципи проектування").

Впровадження рішень, таких як автоматизовані системи моніторингу енергоспоживання, може супроводжуватись ризиками, пов'язаними з електричними ураженнями та помилками при монтажі. З метою їх мінімізації слід дотримуватись таких заходів:

- Проведення інструктажу для персоналу щодо правил експлуатації нового обладнання відповідно до Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (затверджено наказом Мінпаливенерго № 258 від 25.07.2006 року).
- Використання засобів індивідуального захисту (каска, діелектричні рукавички, взуття).
- Застосування блокувальних пристроїв для обмеження доступу до обладнання під напругою.
- Перевірка стану ізоляції електричних проводів за допомогою сертифікованих пристроїв.

Проектування робочих місць, пов'язаних із монтажем і експлуатацією енергозберігаючих систем, повинно відповідати нормативам ергономіки. Робочі

місця мають бути оснащені якісним освітленням (відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення"), а рівень шуму від обладнання повинен відповідати гранично допустимим нормам (СН 3223-85 "Санітарні норми виробничого шуму").

Випробування електрообладнання та проведення електричних вимірювань допускається виключно за наявності відповідних дозволів, відповідно до чинних нормативних документів. Забороняється виконання таких робіт без офіційного дозволу.

Проведення тестування повинно здійснюватися групою щонайменше з двох осіб. При цьому керівник робіт зобов'язаний мати кваліфікацію IV групи з електробезпеки, тоді як інші члени команди повинні мати кваліфікацію не нижче III групи.

До виконання випробувань допускається лише персонал, який має практичний досвід роботи з електроустановками, пройшов відповідну підготовку та перевірку знань щодо принципів схем і правил проведення випробувань. Стажування повинно тривати не менше одного місяця під керівництвом спеціаліста з досвідом роботи у III групі з електробезпеки.

Контроль за виконанням випробувань здійснюється спеціалістами, які належать до груп V та I з електробезпеки, відповідно до нормативних вимог. Цей контроль є частиною загального нагляду, що виконується з дотриманням усіх норм і правил безпеки.

Для персоналу, який проводить випробування електроустановок напругою понад 1000 В, необхідно підтвердження знань, що відповідають IV групі з електробезпеки. Для випробувань електроустановок напругою до 1000 В знання також мають бути документально зафіксовані у вигляді сертифіката та занесені до журналу обліку на момент проведення робіт.

До складу бригади, що здійснює випробування електрообладнання, можуть входити працівники з кваліфікацією II групи з електробезпеки, які виконують допоміжні роботи. До їхніх обов'язків належать підготовка робочого

місця, встановлення та кріплення шин, а також охорона обладнання, яке проходить перевірку.

Перед початком випробувань керівник зобов'язаний провести детальний інструктаж працівників щодо заходів безпеки, які необхідно дотримуватися під час виконання робіт.

У випадках, коли до складу бригади, яка виконує ремонт або монтаж обладнання, залучається персонал пусконаладжувальної організації для проведення випробувань, відповідальність за безпеку робіт покладається на керівника бригади. За його вказівкою ця відповідальність може бути делегована старшому спеціалісту лабораторії або координатору з кваліфікацією IV групи. Усі члени бригади зобов'язані виконувати вказівки цієї особи, що фіксується у відповідних документах.

Роботи з підготовки до випробувань, зняття напруги, встановлення попереджувальних плакатів, перевірки відсутності напруги, заземлення, охорони робочих місць та інші заходи з електробезпеки здійснюються у суворій відповідності до Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Виконання одночасно випробувань і ремонтних робіт різними бригадами в межах одного електричного вузла забороняється.

Масові випробування ізоляційних матеріалів і виробів (засобів захисту, ізоляційних деталей тощо) повинні проводитися поза межами діючих електроустановок. Такі випробування виконуються на спеціальних стендах, які ізольовані для роботи під напругою до 1000 В і більше, та обслуговуються виключно персоналом з кваліфікацією IV групи з електробезпеки.

Для гарантування безпеки електроустановок блокувальні пристрої повинні забезпечувати повне зняття напруги при відкриванні дверей шафи та виключати можливість подачі напруги у разі відкритого стану дверей.

При складанні випробувального ланцюга першочергово виконується заземлення випробувального стенду як захисне, так і робоче. У разі потреби корпуси випробувального обладнання також підлягають заземленню. Забороняється випробування обладнання з пересувних стендів, які не мають

окремого заземлення. Заземлення корпусу пересувного випробувального стенду повинно виконуватись за допомогою гнучкого мідного проводу перерізом не менше 10 мм<sup>2</sup>.

Перед початком випробувань електрообладнання необхідно ретельно перевірити надійність заземлення корпусу випробувального обладнання. Це є обов'язковою умовою, що забезпечує безпеку робіт під час використання високовольтного обладнання.

Перед підключенням випробувального стенду до мережі напругою 380/220 В високовольтна клемма стенду має бути заземлена. Для заземлення в тестових схемах використовується мідний провід з поперечним перерізом не менше 4 мм<sup>2</sup>, що відповідає нормативним вимогам до безпечної експлуатації електроустановок.

Складання схем випробувань здійснюється виключно персоналом випробувальної групи, який пройшов відповідну підготовку. Перед початком тестування підрядник або відповідальна особа зобов'язаний перевірити правильність монтажу схеми, надійність її функціонування, а також якість виконання захисного заземлення.

Переносне заземлення, встановлене на електроустановках і таке, що може заважати проведенню випробувань, дозволяється знімати лише під керівництвом відповідальної особи. Це має здійснюватися після попереднього заземлення високовольтного виходу випробувального приладу, що унеможливило ураження електричним струмом.

Під час проведення випробувань усі дроти та елементи тестового обладнання, що знаходяться під випробувальною напругою, повинні бути ізолювані або виключені з робочої схеми. Керівник випробувань обов'язково має бути присутнім на випробувальному майданчику, контролюючи виконання робіт і дотримання правил безпеки.

Функції супервізора при проведенні випробувань може виконувати особа, відповідальна за підключення вимірювального контуру до випробувального обладнання. Ця особа має забезпечити правильність виконання з'єднань і

дотримання всіх норм електробезпеки, а також здійснювати контроль за процесом випробувань.

Огородження зони випробувань виконується персоналом бригади, яка здійснює роботи. Для цього можуть використовуватися спеціальні засоби, такі як мотузки із закріпленими попереджувальними щитами або бар'єрами, а також плакати з написом «Тест. Небезпечно для життя!». Як альтернативу дозволено застосовувати світлові панелі з аналогічним попередженням, що забезпечує додаткову візуальну індикацію небезпечної зони.

Під час прокладання з'єднувальних проводів під випробувальною напругою за межами будівель електроустановок із напругою понад 1000 В, особливу увагу слід приділяти забезпеченню безпеки на відкритих територіях. Це стосується коридорів, сходів, пішохідних переходів, територій загального користування та зон поблизу огорож випробувальної установки.

Для попередження про небезпеку наближення або несанкціонованого проникнення до зони огорож обов'язково має бути присутня щонайменше одна навчена особа з кваліфікацією не нижче II групи з електробезпеки. Її обов'язки включають:

- контроль за дотриманням встановленого порядку доступу до зони проведення випробувань;
- оперативне попередження осіб про небезпеку в разі їх наближення до огорожі;
- недопущення несанкціонованого доступу до випробувальної зони.

Під час випробування кабельних ліній необхідно забезпечити встановлення попереджувальних плакатів із написом «Випробування. Небезпечно для життя!». Такі плакати повинні бути розміщені на воротах, огорожах, а також на демонтованих кінцях кабелів. У разі, якщо двері, шлагбауми або інші захисні елементи не зачинені на замки, а лінія знаходиться в стані ремонту чи демонтажу, повинна бути організована охорона цих зон. Для цього призначаються працівники з кваліфікацією не нижче II групи з електробезпеки.

Випробувальний стенд підключається до мережі напругою 380/220 В через видимий вимикач або спеціальну розетку, розташовану в контрольній точці приладу. Обов'язковою вимогою є наявність блокувальних пристроїв на комутаційному обладнанні або встановлення ізоляційних кришок між рухомими і нерухомими контактами пристрою.

Живильні проводи або кабелі, що використовуються для підключення випробувальної станції до мережі, повинні бути захищені запобіжниками або автоматичними вимикачами, встановленими в мережі. Підключення мобільного випробувального стенду до мережі здійснюється виключно представниками організації, яка експлуатує цю мережу.

Підключення з'єднувальних проводів до фаз, полюсів випробувального обладнання або жил кабелю, а також їх відключення проводяться лише після належного налаштування випробувального обладнання. Ці операції здійснюються під керівництвом особи, відповідальної за тестування. Для забезпечення безпеки під час виконання цих робіт використовуються заземлювальні ножі із ізольованими ручками або переносне заземлення, яке встановлюється на відповідних елементах обладнання.

Перед подачею випробувальної напруги керівник випробувань зобов'язаний виконати такі дії:

- Перевірка схеми та заземлення: впевнитися у правильності складання випробувальної схеми, її надійності, а також у справності та ефективності захисного заземлення.
- Контроль персоналу: переконатися, що всі члени бригади та персонал, відповідальний за безпеку, перебувають у визначених місцях, а сторонні особи не наближаються до зони проведення випробувань.
- Попередження про подачу напруги: повідомити бригаду про подачу напруги, використовуючи команду: «Я прикладаю напругу», яка повинна бути чітко почута всіма працівниками. Після цього знімається заземлення з виходу випробувального стенду, і напруга подається на обладнання.

З моменту зняття заземлення випробувальне обладнання, всі з'єднувальні проводи та перевірювані елементи вважаються під напругою. У цей час заборонено:

- здійснювати повторне заземлення;
- входити на випробувальний стенд або залишати його;
- торкатися випробувального обладнання чи корпусу стенду, стоячи на землі.

Після завершення випробувань керівник має виконати такі дії:

- Знизити напругу на випробувальному стенді до нуля.
- Відключити стенд від мережі 380/220 В.
- Заземлити клему випробувального стенду.
- Оголосити бригаді про завершення подачі напруги за допомогою команди: «Напруга знята».

Лише після цього дозволяється виконувати повторне підключення або зняття проводів, а також демонтаж обладнання.

Під час і після випробувань ізоляції кабельних або повітряних ліній, через їхній значний електричний потенціал, необхідно виконати розрядження проводів та ліній через додатковий опір на землю. Це забезпечує безпеку та гарантує відсутність залишкових зарядів. Тільки після перевірки повного заземлення дозволяється зняття попереджувальних плакатів і подальша робота з обладнанням.

## ВИСНОВКИ

Використання інноваційних технічних рішень Групи Legrand, таких як системи автоматизації, моніторингу та обліку електроенергії, дозволяє досягти значних результатів у зниженні енергоспоживання. Рішення, що базуються на автоматизованих вимірювальних пристроях та системах управління, дають змогу не лише зменшити витрати, але й підвищити надійність та ефективність енергетичних систем.

Запровадження систем обліку та моніторингу дозволяє в реальному часі здійснювати аналіз споживання енергоресурсів, виявляти можливі перегини та оптимізувати споживання. Такі системи дозволяють проводити точний облік енергоспоживання, що сприяє зниженню надмірних витрат та поліпшенню управління енергетичними ресурсами.

Впровадження розроблених заходів сприяє не тільки економії енергії, а й покращенню загальної енергетичної стратегії підприємства, підвищенню його стійкості до змін зовнішнього середовища та сприяє досягненню енергонезалежності на певному рівні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року N 2388-VI
2. Закон України «Про енергозбереження». ( Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 15, ст.126 )
3. Закон України №555-IV від 20.02.2003р «Про альтернативні джерела енергії»
4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2017).
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказом Міністерства палива та енергетики України за № 258 від 25.07.2006. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 1143/13017 від 25.10.2006.
6. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.96 N 28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 N 910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за N 1399/11679
7. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків, Факт, 2008. – 438 с.
8. Лут М.Т., Радько І.П. Волошин С.М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів автоматизації. -К.ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013.-849с.
9. Енергетика України виклики та ініціативи [Електронний ресурс] // Центр Разумкова. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://razumkov.energy/assets/Energy\\_Initiatives\\_052020.pdf](https://razumkov.energy/assets/Energy_Initiatives_052020.pdf).
10. Державна служба статистики України. Статистичні дані [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України – Режим доступу до ресурсу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper\\_new.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html).

11. Сайт НЕК "УКРЕНЕРГО" Графіки споживання та виробництва електричної енергії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/dobovuj-grafik-vyrobnytstva-spozhyvannya-e-e/>.

12. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>.

13. Карчин В. В. Планирование режима потребления электроэнергии потребителями в современных условиях тарифного регулирования / В. В. Карчин, Т. В. Мясникова, М. К. Воробьев. // Вестник Чувашского университета. – 2018. – №3. – С. 60–66.

14. Вольчин І. А. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України (монографія) / І. А. Вольчин. // Київ: ГНОЗІС. – 2013. – С. 308.

15. Праховник А.В. Автоматизация управления электропотреблением / А.В. Праховник– Вища школа, Киев,-1986,- 76 с

16. Иващенко В.А. Автоматизированное управление электропотреблением промышленных предприятий: концепция и основные задачи / В.А. Иващенко, А.Ф. Резчиков // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2006. №3. С. 52-56

17. Закон України Про енергетичну ефективність [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_2?id=&pf3516=4507&skl=10](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_2?id=&pf3516=4507&skl=10).

18. Особливості короткострокового прогнозування електричного навантаження енергосистеми із суттєвою складовою промислового електроспоживання / П. О. Черненко, О. В. Мартинюк, В. О. Мірошник // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. - 2016. - Вип. 43. - С. 24-31.

19. Идиятуллин, Р. Г. Статистические методы исследования при разработке математической модели электропотребления производственного объекта [Текст] / Р. Г. Идиятуллин, Д. В.

20. Нифонтов, И. Н. Ранговые оценки электропотребления промышленных предприятий [Текст] / И. Н. Нифонтов, М.Г. Ошурков, О.Е. Лагуткин // Электрика. – 2003. - № 12. – С. 18 – 22

21. Коваленко, Ю. П. Сезонные закономерности электропотребления Магнитогорского промышленного узла [Текст] / Ю. П. Коваленко, В. Б. Славгородский // Промышленная энергетика. – 2003. - № 7. – С. 28 – 35

22. Park, D.C. Electric load forecasting using an artificial neural network Текст. / D.C. Park, M.A. El-Sharkawi, R.J. Marks II et al. // Transaction on power systems. 1991. - Vol. 6 (no. 2). - P. 442-449.115

23. Артемчук Т.О. Ключові фактори успіху завдяки програмі трансформації енергетичної галузі / Т.О. Артемчук // Економічний аналіз ; редкол.: В.А. Дерій (гол. ред.) [та ін.]. – Тернопіль : Економічна думка, 2016. – Том 24. – № 2. – С. 65–70.

24. Бурков В.Н. Организационные механизмы управления в электроэнергетике / В.Н. Бурков, М.В. Губко, Д.А. Новиков // Управление развитием крупномасштабных систем. — 2012. — С. 261—278.

25. Брич В. Реформування ринку електроенергії України в контексті її інтеграційних намірів / В. Брич, М. Федірко // Вісник ТНЕУ. — 2013. — № 1. — С. 7—18.

26. Постанова НКРЕКП – Про встановлення тарифів на електроенергію, що відпускається населенню [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0231-15>.

27. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» від 22.09.2016 № 1540-VIII

28. Наказ від 17.04.2000 року N 32/28/28/276/75/54 Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку.

29. Энергетический менеджмент / А. В. Праховник, А. И. Соловей, В. В. Прокопенко и др.; Нац. техн. ун-т Украины. Киев. политехн. ин-т. — К., 2001. — 471 с.

30. Соловей О.І. та ін. Энергетичний аудит: Навчальний посібник / О.Г.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г. Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявський, Г.В.Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.

40. Боярчук В.М., Тригуба А.М., Луб М.П., Фтома О.В., Лут М.Т., Волошин С.М. Энергетичний менеджмент і аудит в агропромисловому комплексі. – Львів: Сполом, 2014.- 450 с.

41. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Энергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

42. Лут М.Т. , Радько І.П., Волошин С.М. Облік води і газу.-К. ЦП «Компринт»,2015. – 215с.

43. Лут М.Т., Радько І.П. Технічні засоби і системи обліку електричної енергії.-К. ЦП «Компринт» , 2015. -438с.

44. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Болбот І.М., Олійник П.В. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК Київ, Інтас. - 2008. – 305 с. Лисенко В. П., Решетюк В. М., Штепа В. М., Заєць Н. А., Мірошник В. О., Дудник А. О. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм. К., 2014. 336 с.