

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

УДК _____

ПОГОДЖЕНО
Директор ІНІ 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: **«Автоматизована система розширеного моніторингу та
комерційного обліку електроенергії»**

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)

Чередниченко Р.Ю.
(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**

Чередниченко Роману Юрійовичу

(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 «Автоматизована система розширеного моніторингу та комерційного обліку електроенергії» 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 _____

Перелік питань, що підлягають дослідженню: аналіз існуючих автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, дослідження актуальних проблем впровадження і експлуатації локальних систем на промислових підприємствах, дослідження компонентів АСКОЕ і лічильників електричної енергії - як основних компонентів системи, дослідження можливостей інтелектуальних лічильників EMDX3 компанії Legrand та інших компонентів системи енергоменеджменту CX3 EMS, економічне обґрунтування доцільності впровадження АСКОЕ Legrand на промислових підприємствах.

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

Дата видачі завдання «26» 09 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____ Окушко О.В.
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Чередниченко Р.Ю.
(підпис) (ПІБ)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	6
1.1. Аналіз літературних джерел.....	6
1.2. Сучасні АСКОЕ та загальні принципи їх побудови.....	11
1.2.1. Достовірність та актуальність даних комерційного обліку електроенергії.....	12
1.2.2. Захист і безпека даних комерційного обліку електроенергії.....	13
1.3. Шляхи зменшення витрат електричної енергії промислових підприємств.....	20
2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	25
2.1. Аналіз структури АСКОЕ.....	25
2.2. Дослідження елементів АСКОЕ: індукційні та електронні прилади обліку.....	37
2.3. Обладнання вимірювальних комплексів.....	42
3. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ОБЛІКУ В АСКОЕ.....	46
3.1. Опис та принципи роботи системи вимірювання параметрів споживання електроенергії EMS CX3 фірми Legrand (Франція).....	46
3.2. EMDX3 лічильники енергії фірми Legrand (Франція).....	56
3.3. Розробка структури сучасної автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії, первинних пристроїв збору та обробки даних..	65
4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АСКОЕ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	75
5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ АСКОЕ.....	79
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСКОЕ	Автоматизована система комерційного обліку електроенергії
ОРЕ	Оптовий ринок електричної енергії
ПРТ	Постачальник з регульованим тарифом
НКРЕКП	Нац. комісія з держ. регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг
ПНТ	Постачальник з нерегульованим тарифом
ІОК	Інформаційно-обчислювальний комплекс
УБД	Уніфікована база даних
ЄРД	Єдиний реєстр даних
ЛУЗОД	Локальне устаткування збору та обробки даних
РДДБР	Ринок двосторонніх договорів та балансуючого ринку
ВДР	Внутрішньодобовий ринок
РДН	Ринок на добу наперед
ЦЕУ	Центр енергетичних ресурсів
ЦРЛ	Центральна розподільча ланка
ПБД	Первинний блок даних
ПЗПД	Пристрій збирання та передавання даних
ЗВТ	Засіб вимірювальної техніки
АРМ	Автоматизоване робоче місце
ВІС	Вимірювальна інформаційна система
ІС	Інформаційна система
ВК	Вимірювальний канал
ПП	Первинний пристрій
НШКЧ	Національна шкала координованого часу
ПКЯЕ	Прилад контролю якості електроенергії
ТН	Трансформатор напруги
ТС	Трансформатор струму

ВСТУП

Впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є важливим для підвищення енергоефективності, що стало особливо актуальним в умовах зростання цін на енергоносії та кризи в енергетиці й економіці. Основною метою таких систем є оптимізація витрат електроенергії шляхом зниження нераціонального споживання під час її перетранспортування та використання. АСКОЕ надає об'єктивні дані про споживання енергії, джерела втрат та дає можливість розробляти шляхи для покращення ефективності [1].

У сучасній енергетиці розвиток інфраструктури й оптимізація виробничих процесів стають ключовими напрямками, що реалізуються через концепцію Smart Grid. Ця концепція передбачає перехід на цифрові технології управління мережею, забезпечення інтеграції різних джерел генерації та сучасних електричних мереж, які забезпечують стабільне постачання електроенергії з мінімізацією втрат. Значну роль у цій системі відіграють «розумні лічильники» (Smart Meters) та побудовані на їхній основі системи Smart Metering, які в Україні найчастіше асоціюються саме з АСКОЕ.

Запровадження багаторівневих тарифів, диференційованих за часом доби, стимулює розвиток АСКОЕ, що дозволяє підприємствам і споживачам ефективніше керувати енергоспоживанням. Це сприяє зниженню навантаження на мережу у пікові години й економічно мотивує використовувати електроенергію у позапіковий період. В Україні вже понад три десятиліття впроваджуються багатофункціональні електронні лічильники, які змінили підхід до обліку та управління споживанням [2].

У розвинених країнах облік електроенергії став цілою галуззю з автоматизованими системами збору даних для економії ресурсів. В Україні інтерес до таких систем також зростає, адже для досягнення реальної економії потрібна не тільки установка лічильників, але й автоматизація процесів збору

та аналізу інформації. Створення АСКОЕ є важливою частиною заходів з підвищення ефективності енерговикористання на підприємствах, в установах та жилому секторі [1].

На Оптовому ринку електричної енергії України (ОРЕ), де облік здійснюється по годинно, а розрахунки проводяться щоденно, АСКОЕ є базисом для визначення обсягів купівлі-продажу енергії. В умовах лібералізації ринку електроенергії важливо використовувати високоточні АСКОЕ, які працюють у взаємозв'язку в єдиній інформаційній системі, що дозволяє кінцевим споживачам краще управляти попитом і підвищувати ефективність енерговикористання [2].

1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1. Аналіз літературних джерел

В Україні діють два типи ринків електроенергії: оптовий та роздрібний. Оптовий ринок електричної енергії (ОРЕ) було створено в 1997 році за принципом «єдиного покупця» (“pool”) [2], що передбачало продаж усієї виробленої електроенергії Головному оператору системи комерційного обліку ОРЕ. Головний оператор розподіляв куплену енергію між постачальниками та кінцевими споживачами, що забезпечувало централізовану структуру ринку, але обмежувало конкуренцію серед учасників та створювало політичні й інвестиційні ризики.

На роздрібному ринку електроенергія продається за роздрібними тарифами електропостачальними компаніями з регульованим тарифом (ПРТ), що мають ліцензії на передачу електроенергії кінцевим споживачам. Через монопольний статус цих компаній, тарифи на їхні послуги контролює національний регулятор — НКРЕКП. Конкуренцію на ринку створюють постачальники з нерегульованим тарифом (ПНТ), які можуть купувати електроенергію на ОРЕ за оптовими цінами та перепродавати її кінцевим споживачам за договірною ціною [4].

На початкових етапах роботи Оптового ринку електроенергії України розрахунки проводилися за результатами оперативних вимірювань, які виконувала Національна енергетична компанія «Укренерго». Ці вимірювання відображали відносні зміни у показаннях облікових приладів на початок і кінець кожного розрахункового дня. Оскільки технічних можливостей для погодинного обліку ще не було, цей метод забезпечував загальні дані для щоденних розрахунків в ОРЕ.

З 2003 по 2005 роки в Україні впроваджували Програму автоматизованого комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), що передбачала створення інформаційно-обчислювального комплексу (ІОК) для

збору, обробки та обміну даними про комерційний облік електроенергії. У рамках цього проекту були розроблені специфікації уніфікованого протоколу передачі даних вимірювань, системи якості даних обліку, а також створені Єдина база даних (УБД) та Єдиний реєстр даних (ЄРД), які забезпечували сумісність між АСКОЕ різних суб'єктів ринку.

З березня 2011 року розрахунки в ОРЕ почали здійснюватися на основі даних, зібраних через АСКОЕ. Для підвищення точності та достовірності даних у 2010 році була впроваджена автоматизована інформаційна система «Використання даних, отриманих від АСКОЕ суб'єктів ОРЕ», яка забезпечує перевірку і верифікацію інформації від усіх учасників ринку.

Функціонування ОРЕ потребує погодинного обліку електроенергії на межі балансової власності учасників ринку. Це необхідно як для коректного ведення обліку, так і для врахування тарифних особливостей постачання електроенергії споживачам, які вибрали регульовані або договірні умови споживання.

Створення автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії на роздрібному ринку України здійснюється відповідно до вимог, передбачених Правилами роздрібного ринку електричної енергії, затверджені Постановою НКРЕ від 14.03.2018 № 312. [3]. Відповідно до цієї постанови, споживачі з приєднаною потужністю від 150 кВт і середньомісячним споживанням електроенергії не менше 50 000 кВт·год протягом попередніх 12 місяців зобов'язані були впровадити засоби диференційованого обліку, а також локальне обладнання для збору та обробки даних (ЛУЗОД). Ці засоби є базовими елементами АСКОЕ, хоча й мають обмежену функціональність.

Дослідження технічного стану та досвіду використання АСКОЕ і ЛУЗОД показали, що такі системи рідко використовуються для облікових операцій на роздрібному ринку електроенергії. Зазвичай їх застосовують для контролю за дотриманням договірних параметрів електроспоживання. Водночас АСКОЕ, що функціонують на оптовому та роздрібному ринках електроенергії України, не є повністю сумісними через різні нормативні бази,

на основі яких вони створювалися. Ця невідповідність унеможлиблює їхнє ефективне взаємодію та інтеграцію в єдину систему інформаційного забезпечення. Такий підхід потребує подальшого удосконалення для досягнення повної сумісності між різними рівнями облікових систем.

Загалом, з початку 2000-х років відбувалося активне впровадження АСКОЕ як на оптовому, так і на роздрібному ринках. Це сприяло автоматизації обліку спожитої електроенергії, забезпеченню точності та оперативності даних для комерційних розрахунків, а також посиленню контролю за споживанням.

Концепція функціонування Оптового ринку електроенергії в Україні [1] передбачала поступовий перехід від централізованої моделі "єдиного покупця" до лібералізованого ринку. У жовтні 2013 року набув чинності Закон "Про засади функціонування ринку електричної енергії" [17], який поклав основу для створення ринку двосторонніх договорів та балансуючого ринку (РДДБР) [18]. Така модель ринку передбачає декілька основних сегментів:

- Ринок довгострокових контрактів: тут покупці та продавці укладають договори на довготривалі періоди, що дозволяє забезпечити стабільність постачання електроенергії.
- Ринок на добу наперед: на цьому сегменті щодня визначаються погодинні обсяги виробництва електроенергії на наступний день.
- Балансуючий ринок: в режимі реального часу коригуються обсяги споживання та виробництва електроенергії, що забезпечує стабільність мережі.
- Ринок допоміжних послуг: забезпечує додаткові послуги для підтримки системи, зокрема балансування.

Впровадження РДДБР забезпечує можливість для суб'єктів ринку продавати та купувати електроенергію за ринковими цінами. Це створює умови для формування повноцінного балансуючого механізму, який дозволяє узгоджувати попит і пропозицію в реальному часі. Така структура сприяє не тільки ефективному балансуванню, але й підвищує дисципліну учасників ринку в дотриманні узгоджених режимів споживання.

Основна мета сучасного ринку електроенергії в Україні полягає у визнанні кінцевого споживача рівноправним учасником, що сприяє ефективному використанню його потенціалу для управління попитом та надання допоміжних послуг на ринку електроенергії. Лише активна співпраця між системним оператором та кваліфікованими споживачами дозволить покращити балансування ринку й зменшити витрати на електроенергію. З цією метою важливо вже зараз створити концепцію і механізми залучення кінцевих споживачів до управління попитом у реальному часі.

Наразі обговорюється проект Закону України «Про ринок електричної енергії», що визначає ключові правові та економічні засади функціонування ринку. Він регулює взаємовідносини у сфері виробництва, передачі, розподілу та продажу електроенергії, щоб забезпечити надійне та економічно вигідне постачання з мінімізацією негативного впливу на довкілля. Закон також пропонує запровадження внутрішньодобового ринку (ВДР), де споживачі зможуть оперативно узгоджувати попит і пропозицію протягом дня, підвищуючи ефективність балансування ринку.

Сучасний стан автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) в Україні характеризується відсутністю узгодженої взаємодії між системами суб'єктів оптового і роздрібного ринку. Це значно ускладнює створення єдиної інформаційної інфраструктури, яка є важливою умовою для ефективної автоматизації обліку електроенергії в умовах лібералізованого ринку. Основною проблемою є невідповідність стандартів і технічних рішень, на основі яких були розроблені АСКОЕ для різних ринкових сегментів. Унаслідок цього унеможлиблюється обмін даними та координація між системами, що створює бар'єри для реалізації сучасних моделей енергетичних ринків і знижує ефективність управління енергоспоживанням.

Сучасні багатофункціональні електронні лічильники електроенергії (Smart Meter, або SM) є основними засобами для реалізації диференційованого обліку енергоспоживання. Їх використання в системах автоматизованого комерційного обліку електроенергії потребує впровадження комплексних

організаційно-технічних заходів, які гарантують синхронність вимірювань, а також забезпечують точність, достовірність і актуальність облікових даних.

Особливої уваги заслуговують питання інтеграції та сумісності АСКОЕ між різними учасниками ринку. У такій моделі, де кожен споживач, включно з побутовими користувачами, може не лише купувати, а й продавати електроенергію та надавати системні послуги, ефективна взаємодія залежить від організованого обміну інформацією. АСКОЕ виступають ключовим інструментом, що забезпечує одночасні вимірювання та синхронний облік даних на всіх точках купівлі-продажу електроенергії, створює точні та стандартизовані облікові дані, а також сприяє узгодженій роботі із системами обліку інших суб'єктів ринку та інформаційно-обчислювальними комплексами операторів ринку.

Водночас функціонал АСКОЕ виходить за межі простого обліку. Одним із головних завдань сучасної енергетики є зменшення споживання викопного палива, зниження викидів і підвищення енергоефективності. У цьому контексті системи АСКОЕ, або Smart Metering Systems (SMS), є основою інформаційно-комунікаційної інфраструктури для ефективного управління енергоресурсами та впровадження принципів сталого розвитку.

Лічильник електроенергії є ключовим елементом у взаємодії кінцевого споживача з електричною мережею. Сучасні лічильники, відомі як «розумні», дозволяють мережі надсилати сигнали споживачам, включно з ціноутворюючими повідомленнями, які сприяють раціоналізації використання електроенергії. Водночас SM забезпечують двосторонній зв'язок, дозволяючи споживачам контролювати та оцінювати ефективність управління власним енергоспоживанням. Об'єднані в системи моніторингу (SMS), такі лічильники формують інформаційно-комунікаційну основу для реалізації концепції "Розумних мереж" (Smart Grid). Таким чином, сучасне визначення АСКОЕ охоплює не лише контроль і облік, а й управління енергоспоживанням.

У межах впровадження третього енергетичного пакета ЄС здійснюються заходи щодо масштабного впровадження SMS. Їх розглядають

не лише як технічний інструмент для обліку електроенергії, але й як механізм впливу на поведінку споживачів для підвищення ефективності використання енергії. Це підкреслює важливість просвітницької роботи серед громадян та сприяння поширенню успішних практик використання смарт-технологій у енергоменеджменті.

Задля забезпечення ефективності застосування SMS, а також захисту персональних даних споживачів, Європейська Комісія рекомендує державам-членам розробити мінімальні функціональні вимоги до цих систем. Такий підхід дозволить забезпечити синхронізацію дій, підвищити енергоефективність та створити умови для економічного впровадження технологій. Виконання рекомендацій сприятиме формуванню позитивних змін у енергетичній поведінці споживачів, знижуючи загальні витрати на енергоресурси.

1.2. Сучасні АСКОЕ та загальні принципи їх побудови

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії для ОЕС України складається з чотирьох рівнів, об'єднаних односторонніми або двосторонніми зв'язками (Рис.1.1) [18]. Перший тип зв'язку забезпечує лише передачу даних, тоді як двосторонній зв'язок також підтримує аудит точності та достатності інформації. Кожен рівень системи відповідає за виконання специфічних функцій, що забезпечує цілісний облік електроенергії від об'єкта до центрального рівня [7].

- **Об'єктний рівень:** тут проводиться вимірювання відпуску та споживання електроенергії в точках обліку. Обчислюються параметри енергоспоживання та зберігаються первинні розрахункові значення в базі даних з позначками часу.
- **Локальний рівень:** на цьому рівні АСКОЕ здійснює збір, обробку та перевірку первинних даних. Тут забезпечується відтворення відсутніх даних, після чого інформація передається на регіональний та центральний рівні.

- Регіональний рівень: організується обмін даними з локальними базами, обробка та перевірка даних, їх зберігання та передача на центральний рівень з позначками часу.
- Центральний рівень: на цьому рівні відбувається прийом даних, верифікація, формування енергетичних балансів і зберігання інформації в центральній базі даних.

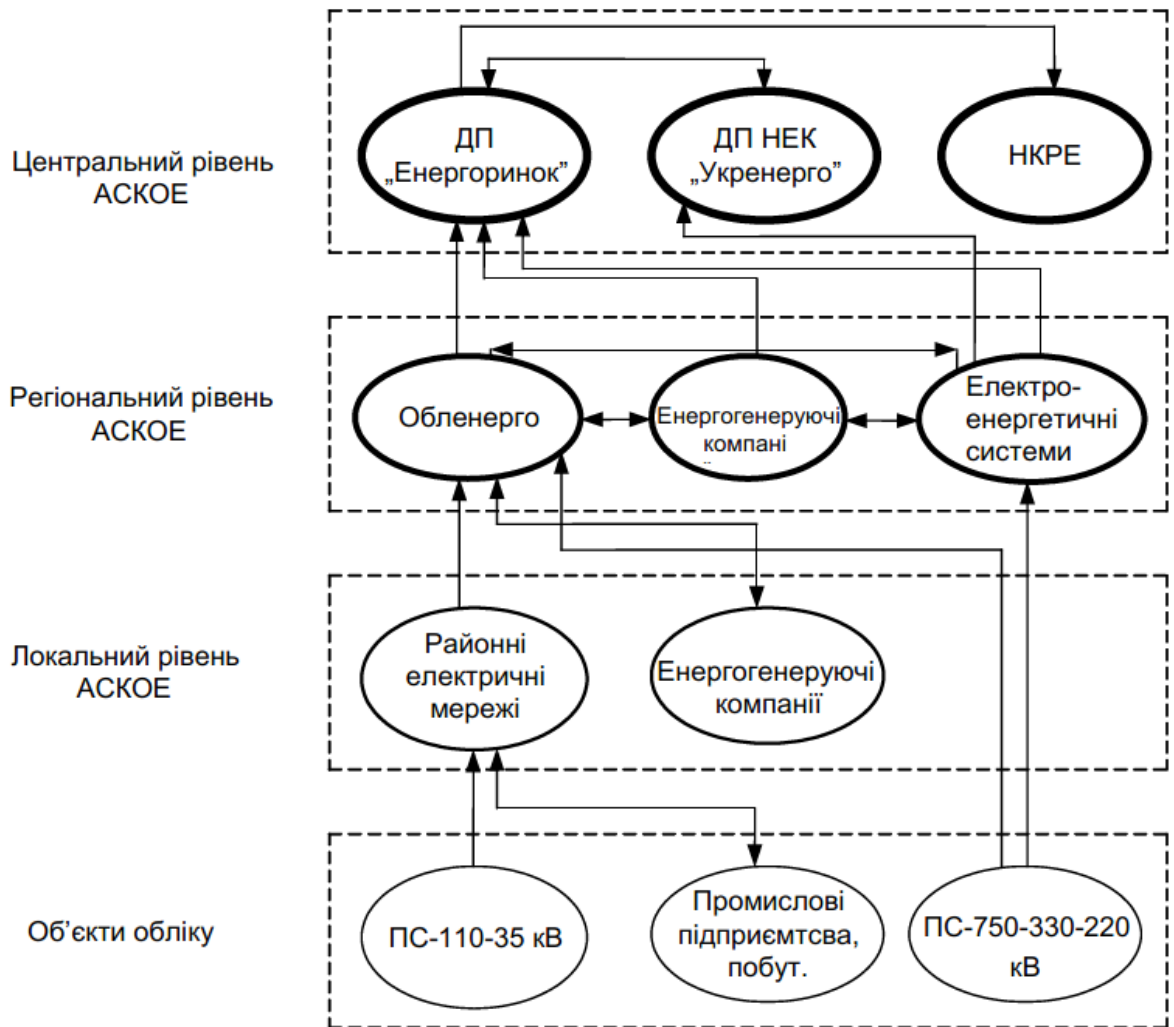


Рис. 1.1. Ієрархічна структура АСКОЕ

Функціональна структура кожного рівня АСКОЕ включає середовище вимірювань, систему збору й обробки даних та комунікаційне середовище, яке забезпечує злагоджену передачу й обробку інформації (Рис.1.2).

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії включає модулі, які забезпечують передачу інформації від об'єктів обліку на локальний,

регіональний і центральний рівні. Ці модулі складаються з каналів зв'язку, таких як радіоканали, GSM-канали, інтернет та телекомунікації, що використовуються для формування первинної бази даних АСКОЕ.

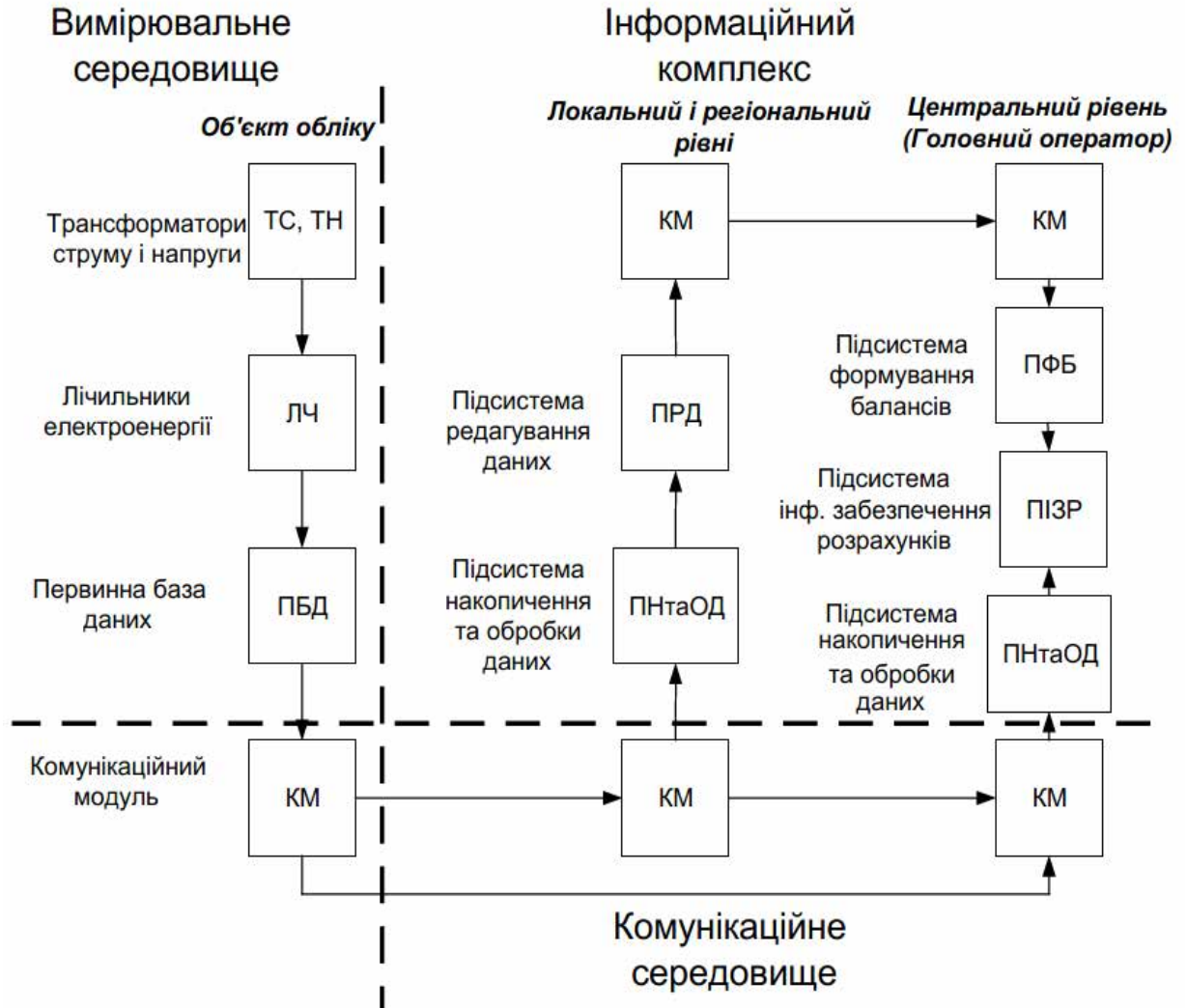


Рис. 1.2. Функціональна схема АСКОЕ

До вимірювального середовища АСКОЕ висуваються високі вимоги щодо точності, що стосується класів точності трансформаторів струму, напруги, перетворювачів і лічильників [15]. Лічильники електроенергії, які використовуються в системі, забезпечують точний комерційний облік, обчислюючи та інтегруючи значення напруги й струму, які потім перетворюються в інтегровану величину електричної потужності.

Для погодинного обліку електроенергії на оптовому ринку України Правилами ринку [3] та Інструкцією про порядок комерційного обліку електроенергії [15] передбачено використання інтервальних лічильників, які фіксують значення електроенергії за задані інтервали часу [16]. Ці дані зберігаються з часовою міткою, що дозволяє відстежувати значення обліку та використовувати їх для подальших розрахунків. Крім того, до кожного значення електроенергії додається код якості, що містить інформацію про достовірність вимірюваних величин, допомагаючи покращити якість та точність обліку [13].

1.2.1. Достовірність та актуальність даних комерційного обліку електроенергії

В умовах запровадження ринку двосторонніх договорів та балансуєчого ринку (РДДБР) [8] в Україні автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії набувають особливого значення. Це обумовлено потребою у забезпеченні точності та захисту даних обліку, адже будь-яке спотворення даних може призвести до неточних розрахунків, що негативно вплине на механізм балансування попиту та пропозиції. Незважаючи на те, що дані обліку електроенергії здебільшого не є конфіденційними, в умовах коливань цін у режимі реального часу необхідно забезпечити підвищений рівень їхнього захисту.

Для забезпечення якісної роботи АСКОЕ на ринку України [10-12] необхідне дотримання певних умов, зокрема:

- наявність єдиної нормативної бази та стандартів для побудови й застосування АСКОЕ;
- визначення єдиних правил користування системами комерційного обліку;
- впровадження уніфікованих технічних рішень на всіх рівнях розподіленого ринку;

- забезпечення надійного метрологічного контролю та верифікації облікових даних;

- посилення безпеки даних обліку електроенергії на всіх етапах її збору, передачі та обробки.

Дотримання зазначених вимог створить передумови для ефективного функціонування АСКОЕ в умовах ринку двосторонніх договорів. Важливою умовою є повна реалізація комплексу вимог, оскільки виконання лише окремих з них не забезпечить очікуваного результату. Захист даних комерційного обліку, починаючи від моменту їх зчитування, є пріоритетним завданням, оскільки такі дані стають вразливими до ненавмисного або навмисного впливу [1].

Дані комерційного обліку служать основою для розрахунків на оптовому ринку електроенергії в Україні, але з моменту їхнього зчитування вони втрачають початковий захист, що робить їх потенційно вразливими до зовнішніх впливів, зокрема видалення або спотворення. Це вимагає запровадження комплексного захисту на всіх етапах життєвого циклу даних — під час формування, передачі, обробки та документування.

1.2.2. Захист і безпека даних комерційного обліку електроенергії

Значення кількості електроенергії, разом із відповідними мітками часу та кодами якості, формують єдиний блок даних. Якщо одна з цих складових втрачається або спотворюється, значення стає непридатним для подальшого використання, зокрема при розрахунках на Оптовому ринку електроенергії України.

Інтервальні лічильники, відомі як «розумні лічильники» або SMART-лічильники (від англ. Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology), використовуються в Україні як багатофункціональні електронні лічильники [14], які не тільки вимірюють споживання, а й створюють профілі добового навантаження. Дані профілю включають усереднені або інтегровані значення

енерговитрат за певний інтервал часу, супроводжені часовими мітками та іноді окремими датами.

SMART-лічильники також можуть визначати інші фізичні параметри, зокрема частоту, напругу та струм, що дає змогу проводити точні розрахунки, а також забезпечують можливість автоматичного ведення журналу подій. Усі первинні облікові дані зберігаються у внутрішній базі даних лічильника (ПБД) і захищені від змін метрологічними пломбами [15].

Згідно з розробленою концептуальною моделлю [17], захист облікових даних передбачає їх безпеку на кожному етапі: від формування та передачі до обробки і зберігання. Виявлені загрози доцільно врахувати для забезпечення надійності даних в автоматизованій системі комерційного обліку електроенергії на різних рівнях, що є важливим для безперебійної роботи ОРЕ України.

Первинні облікові дані, які збираються за допомогою технічних засобів АСКОЕ, проходять обробку на різних рівнях системи, де формуються показники для комерційного обліку. В цей процес додаються додаткові коди якості, що утворює комплексну інформацію про надійність даних. Такі первинні дані зберігаються у внутрішній пам'яті багатофункціонального електронного лічильника, де вони захищені від будь-яких змін. Доступ до цих даних можливий через комунікаційні порти лічильника, використовуючи спеціалізовані протоколи зв'язку.

Коли дані зчитуються з об'єктів обліку, вони надходять на пристрій збору та передачі (ПЗПД) або інший базовий пристрій системи, з можливістю збереження в базі даних для подальшого аналізу. Вищі рівні АСКОЕ ОРЕ України [18], наприклад регіональні, можуть безпосередньо зчитувати дані та зберігати їх у своїй базі, обходячи об'єктний рівень. В деяких випадках можливе використання мультиплексорів для безпосередньої передачі даних від лічильника до бази даних вищих рівнів без проміжного зберігання.

При завантаженні облікових даних до бази їм присвоюється позначка часу, що відповідає моменту запису, а також оновлений код якості. Така

структура зберігання даних забезпечує цілісність інформації на всіх рівнях системи [13].

На подальших етапах необроблені дані бухгалтерського обліку в АСКОЕ України проходять поетапну обробку на різних рівнях системи. Цей процес включає формування комерційних облікових даних, які доводяться до меж балансової власності різних об'єктів ОРЕ. На кожному етапі обробки до даних комерційного обліку додається модифікований код якості, що відображає ступінь їх обробки, спосіб доступу до баз даних та рівень агрегації [13].

Відповідно до вимог ОРД України, комерційні облікові дані, особливо у зведеному вигляді, повинні зберігатися в базах даних АСКОЕ окремо від первинних бухгалтерських даних, із дотриманням терміну зберігання. Надійне зберігання даних забезпечується системами управління базами даних, що мінімізує ризик їх модифікації або втрати.

Одним з основних завдань є забезпечення достовірності первинних облікових даних, які мають оброблятися на найнижчому рівні розподіленої системи АСКОЕ. Система включає вимірювальні комплекси [15], що складаються з трансформаторів напруги та струму, лічильників з первинними вимірювальними перетворювачами та еталонних лічильників. Цей рівень забезпечує виконання основних функцій з вимірювання, обліку та формування первинної бази даних з подальшим доступом до неї через цифрові комунікаційні інтерфейси [17].

Для забезпечення ефективної роботи АСКОЕ на рівні вимірювальних комплексів необхідно виконувати низку заходів:

- параметризація облікових засобів електричної енергії, зокрема багатофункціональних електронних лічильників, як до їх встановлення, так і в процесі експлуатації.
- регулярне коригування часу для синхронізації годинників лічильників з національною узгодженою шкалою часу.

- періодичне зняття даних з лічильників для визначення результатів комерційного обліку, а також контролю поточних параметрів виробництва та споживання енергії, або перевірки точності підключення лічильника до мережі.

Важливо, щоб вимірювальні засоби, що входять до складу таких комплексів, відповідали вимогам метрологічного забезпечення. Це включає:

- державне приймання та періодичний контроль ЗВТ для внесення їх до Державного реєстру дозволених до використання засобів.
- перевірку ЗВТ під час випуску з виробництва.
- періодичну та позачергову повірку ЗВТ в процесі експлуатації.

Для забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до результатів вимірювань, всі засоби вимірювання повинні бути опломбовані, включаючи їх вторинні ланцюги та з'єднання на об'єкті.

Захист даних комерційного обліку електричної енергії в Україні потребує низки вимог, зокрема щодо забезпечення безпеки первинних облікових даних. Однак існуючі нормативні вимоги мають недоліки, і з розвитком інформаційних технологій зростає ризик несанкціонованого впливу на дані первинного обліку, зокрема під час їх зчитування та передачі до центральних систем АСКОЕ.

Основні умови для забезпечення точності даних комерційного обліку електричної енергії:

- використання надійних засобів обліку, яким довіряють всі учасники енергетичного ринку,
- справність приладів на точках обліку,
- синхронізація вимірів електричної енергії з узгодженою національною шкалою часу,
- використання даних первинного обліку для всіх розрахунків на енергетичному ринку,
- повністю автоматизована, формалізована та прозора процедура формування даних комерційного обліку.

Для забезпечення достовірності даних комерційного обліку електроенергії необхідно встановити загальні технічні вимоги до засобів обліку, які повинні бути виконані для того, щоб прилад міг бути допущений до обліку електричної енергії в Об'єднаній енергетичній системі України. Серед основних вимог можна виділити наступні:

- реєструючий пристрій не повинен дозволяти видалення або обнулення вимірних (накопичених) даних без механічного пошкодження пломби, яка захищає прилад, зокрема ПБД (первинні блоки даних) приладу.
- реєструючий пристрій повинен бути захищений від можливості заміни або модифікації вимірюваних (накопичених) даних, зокрема ПБД.
- прилад обліку не повинен дозволяти його дистанційне перепрограмування (параметризацію) без використання спеціального пароля, окремого від пароля для зчитування даних. Рекомендується застосовувати прилади з багатоступінчастою системою паролів доступу для таких дій.
- реєструючий пристрій повинен підтримувати можливість дистанційного коригування часу з абсолютною похибкою не більше +1 с, за умови гарантування збереження ПБД під час коригування часу.
- прилад обліку повинен фіксувати та зберігати показання лічильника, а також поточний час і дату кожного вимкнення/ввімкнення в ПДБ протягом встановленого періоду. Термін зберігання цих даних має відповідати чинним нормативним вимогам.
- прилад повинен фіксувати та зберігати в ПДБ факт настання та опис кожної події, яка може вплинути на результати вимірювання або формування даних первинного обліку. Перелік подій і термін їх зберігання в ПДБ встановлюються відповідними нормативними документами.
- записуючий пристрій має зберігати вміст ПБД навіть при відсутності зовнішнього живлення протягом визначеного періоду. Термін зберігання даних визначається нормативними вимогами.

- засіб обліку, який встановлюється в точках обліку з можливістю відключення вимірювальних ланцюгів напруги, має бути оснащений пристроєм резервного живлення.
- записуючий пристрій повинен постачатися з комплектом технічної документації, що включає інформацію про експлуатацію, програмування, налаштування часу, формування ПБД, забезпечення віддаленого доступу до ПБД тощо, достатнього для правильного виконання цих операцій.
- додаткові вимоги, які визначаються обов'язковими відповідно до чинних нормативних документів.

Ці вимоги спрямовані на забезпечення високої надійності та захищеності даних комерційного обліку електричної енергії в Україні.

Прилад обліку може бути допущений до комерційного обліку електричної енергії на енергетичному ринку України лише за умови, що він відповідає встановленим вимогам. Це підтверджується відповідним записом, який вноситься до опису типу засобу обліку.

При проектуванні АСКОЕ (автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії) необхідно враховувати вимоги для забезпечення захисту та безпеки первинних облікових даних:

- Необхідно уникати технічних рішень, які дозволяють доступ до облікових пристроїв через публічні мережі, зокрема Інтернет, GSM тощо. В пріоритеті мають бути корпоративні мережі, доступ до яких обмежений.
- Не слід застосовувати рішення, що унеможливають контроль доступу до приладу обліку, зокрема до операцій читання та запису. Потрібно орієнтуватися на рішення, які дозволяють лише зчитувати ПБД приладу обліку в штатному режимі. Для запису в прилад, наприклад, під час параметризації, повинне бути обов'язкове втручання оператора АСКОЕ.

- Потрібно забезпечити контроль за трафіком під час обміну даними з приладом обліку та використовувати технічні рішення, що запобігають «захопленню» приладу одним клієнтом на тривалий час.
- Процес авторизації та автентифікації клієнтів має бути забезпечений як для запису даних в прилад обліку, так і для їх зчитування. Авторизація та автентифікація повинні включати відповідні ідентифікатори, паролі та можливе використання фіксованих мережевих адрес кожного приладу обліку.
- Для захисту даних при їх передачі через відкриті мережі слід застосовувати технології шифрування. За можливості доцільно використовувати цифрові сертифікати для ідентифікації джерела даних.

1.3. Шляхи зменшення витрат електричної енергії промислових підприємств

Ринкові умови призвели до суттєвого зростання цін на енергоресурси, що зробило електроенергію ще більш значною статтею витрат у виробництві. Її частка у собівартості продукції сягала 20-25%, а для підприємств із високою енергоємністю доходила до 40-45%. Це поставило перед енергопостачальними службами підприємств завдання мінімізації витрат на оплату електроенергії, однак без достатньої технічної бази це було складно реалізувати.

Спершу економія досягалась через заміну старих лічильників на сучасні з більш високим класом точності та впровадження спрощених автоматизованих систем обліку. Це дозволило змінити підхід до розрахунків за спожиту енергію, що дало змогу знизити витрати до 7,0% завдяки точнішому обліку та виявленню втрат. Проте такі заходи не враховували питання раціональності енергоспоживання.

Для аналізу ефективності використання електроенергії у поєднанні з технологічними процесами та контролю реального навантаження окремих виробничих ліній підприємствам необхідно мати сучасне обладнання.

Застарілі системи АСКОЕ не здатні забезпечити контроль і оптимізацію режимів роботи.

Підприємства, орієнтовані на прогресивний розвиток, почали висувати до АСКОЕ жорсткіші вимоги. Зокрема, ці системи повинні поєднувати функції комерційного обліку електроенергії та підсистеми в загальній автоматизованій системі управління технологічними процесами (АСУТП). Це дозволяє не тільки контролювати споживання, але й інтегрувати облік у виробничі процеси, забезпечуючи підвищення ефективності виробництва.

Сучасні системи АСКОЕ активно використовують мікропроцесорні лічильники та пристрої збирання і передачі даних (ПЗПД), що створені на основі сучасних промислових контролерів. Хоча впровадження мікропроцесорних лічильників стало важливим кроком вперед, головна роль у роботі систем АСКОЕ продовжує належати ПЗПД. Саме до цих пристроїв висуваються основні вимоги щодо функціональних можливостей.

Основна увага приділяється комунікаційним характеристикам ПЗПД, які забезпечують ефективну інтеграцію в сучасні АСКОЕ. Важливість таких пристроїв обумовлена необхідністю забезпечення надійного збору, передачі й обробки даних про споживання електроенергії, що є ключовим для ефективного функціонування системи.

Сучасні пристрої збору та передачі даних (ПЗПД) повинні бути обладнані стандартним набором інтерфейсів для інтеграції в автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУ ТП). Зокрема, вони мають підтримувати:

- послідовні інтерфейси RS-232, RS-485, ІРПС.
- локальні мережі Ethernet.
- бездротові канали зв'язку радіоканал.
- польові шини ProfiBus, CAN Bus.

Крім апаратного оснащення, важливою вимогою є використання стандартних протоколів передачі даних, таких як TCP/IP, PPP, SLIP тощо, що забезпечує універсальність обміну інформацією.

ПЗПД повинні мати можливість одночасного функціонування на кількох каналах зв'язку, працюючи з різними потоками даних. Завдяки модульній архітектурі такі пристрої можна комплектувати лише необхідними елементами, що дозволяє уникнути надмірності й знижує вартість. При цьому вони повинні залишатися максимально надійними, потребуючи мінімального обслуговування, а також підтримувати можливість віддаленої діагностики для швидкого вирішення технічних проблем.

Можливості та ефективність роботи пристроїв збору та передачі даних можна підвищити як шляхом переходу на більш сучасні моделі пристроїв, так і завдяки додаванню додаткових модулів до контролерів. Ці пристрої широко використовуються на енергетичних об'єктах, промислових підприємствах, а також в інших організаціях, які самостійно проводять розрахунки за електроенергію з постачальниками або споживачами.

Основна функція ПЗПД полягає в забезпеченні високоточного обліку електроенергії та потужності в комерційних цілях. Це включає збір даних щодо споживання чи відпуску енергії з урахуванням багатотарифності, а також технічний моніторинг та контроль навантаження в реальному часі.

Передача даних здійснюється через цифрові інтерфейси з лічильників, таких як АЛЬФА або ЄВРОАЛЬФА, використовуючи канали на основі "струмової петлі", RS232, або RS422/485. Також можливий збір інформації з імпульсних каналів лічильників, які відповідають стандартам автоматизації обліку електроенергії та потужності для систем АСКОЕ.

ПЗПД (рис.1.3), мають такі варіанти виконання:

- 1) корпусне із захистом IP 65 (IEC 529);
- 2) шафове із захистом IP 55, що дозволяє встановлювати їх як безпосередньо на об'єктах, так і в центрах збирання даних.

Використання рідкокристалічного дисплея з роздільною здатністю 128x128 пікселів значно полегшує процес зчитування показників лічильників, підключених до пристрою збору даних (ПЗПД), а також розрахованих на їх

основі даних. Конфігурація пристрою та вибір інформації, що відображається на дисплеї, здійснюються через спеціалізоване програмне забезпечення.



Рис. 1.3. Пристрій збирання і передавання даних (ПЗПД)

а) корпусне виконання; б) шафове виконання.

Основні функції ПЗПД:

- обробка даних: збирання, обробка, накопичення, зберігання та відображення даних про активну та реактивну енергію, а також потужність.
- агрегація вимірювань: формування групових показників для об'єднання даних лічильників, пов'язаних з конкретними об'єктами.
- тарифікація: облік спожитої енергії відповідно до диференційованих тарифів на основі зон часу.
- середнє навантаження: розрахунок середньої потужності на основі інтервалів усереднення (1, 3, 5 хвилин, а також 15 і 30 хвилин).
- максимальна потужність: визначення пікових значень потужності за задані часові проміжки.
- архівування даних: створення та ведення архівів заданої структури.
- синхронізація часу: забезпечення єдиного системного часу для синхронізації вимірювань.

- контроль лімітів: моніторинг перевищення потужності за двома встановленими межами.
- індикатори енергії: відображення даних про спожиту енергію на дисплеї.
- передача даних: надсилання інформації по фізичних або телефонних каналах зв'язку до кількох центрів збору даних.
- захист інформації: захист вимірюваних даних та метрологічних параметрів від несанкціонованого доступу чи змін.
- діагностика пристрою: контроль працездатності внутрішніх систем ПЗПД.

Для підключення до окремих ПЗПД чи зчитування даних із групи ПЗПД у випадках пошкодження комунікаційної лінії передбачено можливість безпосереднього доступу на місці за допомогою портативного комп'ютера типу ноутбук. Ці дані згодом можна передати на комп'ютер вищого рівня для подальшої обробки.

У разі втрати зв'язку між лічильником і ПЗПД, пристрій автоматично відновлює втрачену інформацію. Це робить ПЗПД надійною базою для створення територіально розподілених і ієрархічних АСКОЕ.

Завдяки широкому вибору інтерфейсів зв'язку ПЗПД дозволяють створювати адаптовані системи обліку електроенергії, що інтегруються в існуючу інфраструктуру підприємства. Використання стандартних протоколів передачі даних сприяє їхній інтеграції в АСУ ТП.

Таким чином, ПЗПД виступають універсальним рішенням для впровадження АСКОЕ на промислових об'єктах, дозволяючи реалізувати складні системи, ефективно використовуючи наявні ресурси підприємства.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

2.1. Аналіз структури АСКОЕ промислових підприємств

Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії є невід'ємною складовою оптимізації енерговикористання на великих промислових підприємствах і в інфраструктурних об'єктах. Вони дозволяють здійснювати постійний моніторинг споживання електроенергії, аналізувати отримані дані та своєчасно коригувати енерговитрати, що сприяє зниженню неефективних витрат. Тільки встановлення лічильників недостатньо для повної автоматизації обліку, тому АСКОЕ включає комплекс пристроїв та алгоритмів для збору і обробки даних. Саме по собі впровадження обліку енергії не знижує споживання, але є необхідною складовою в ефективному енергоменеджменті підприємства.

АСКОЕ складається з технічних, математичних, алгоритмічних та програмних компонентів, які дають змогу точно фіксувати споживану енергію, зберігати отриману інформацію за певний період і забезпечувати доступ до цих даних для подальших розрахунків. Крім того, система надає можливості для коротко-, середньо- та довгострокового прогнозування споживання енергії [7]. Використання багатофункціональних електронних лічильників у таких системах забезпечує точні й повні дані для аналізу та прийняття рішень.

АСКОЕ приносить підприємству економічні вигоди за рахунок:

- визначення оптимальних лімітів потужності на основі аналізу пікових навантажень;
- своєчасного виявлення несанкціонованого використання енергії;
- економічно обґрунтованого графіка роботи обладнання та споживачів;
- оперативного контролю енерговитрат;
- підвищення дисципліни в енергоспоживанні;
- виявлення крадіжок електроенергії та виключення похибок, спричинених людським фактором.

Для ефективного управління АСКОЕ включає лічильники як комерційного, так і технічного обліку (рис. 2.1). Комерційний облік фокусується на монетарних розрахунках за спожиту електроенергію, має консервативний підхід із точними приладами, які не можна швидко змінювати. Технічний облік, навпаки, спрямований на внутрішній контроль енергоспоживання, є більш гнучким та налаштованим на часті зміни, що дозволяє адаптувати його до потреб виробництва, встановлюючи прилади з достатньою, але не обов'язково високою точністю [7].

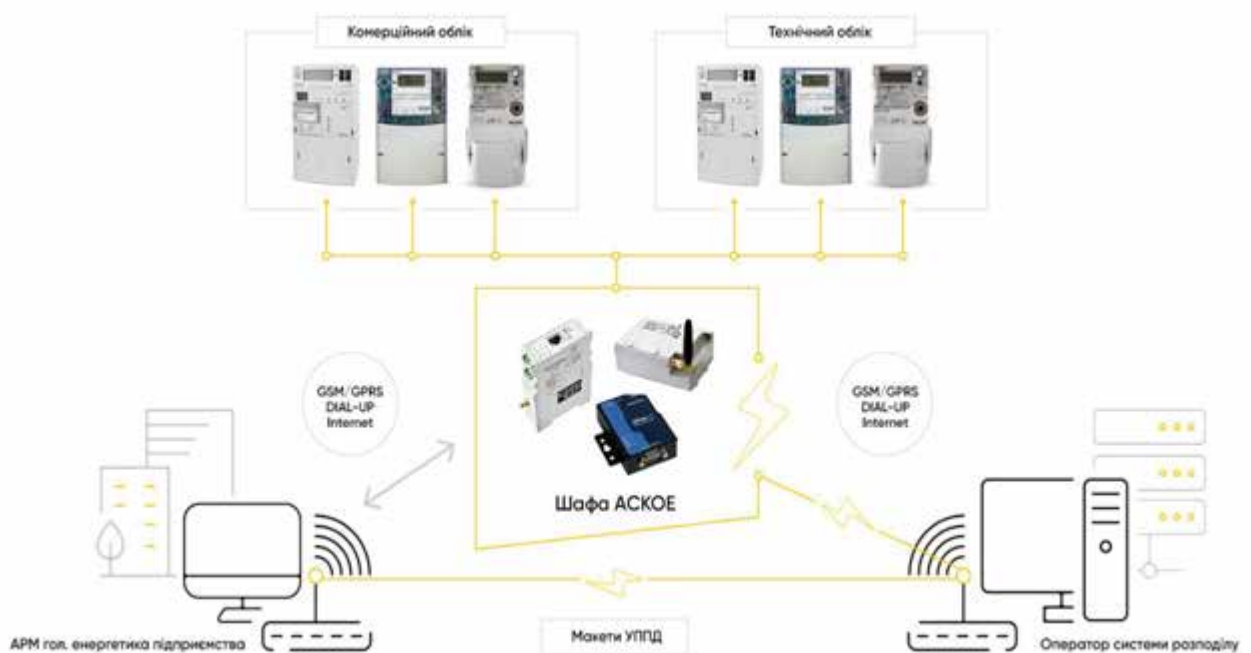


Рис. 2.1. Принципова схема АСКОЕ з поєднанням комерційного і технічного обліку електроенергії

Об'єднання лічильників комерційного та технічного обліку в єдину систему дає можливість отримувати поточний баланс енергоспоживання на підприємстві, що є важливим для ефективного нормування енерговитрат. Це сприяє своєчасному виявленню та усуненню втрат енергії, а також дозволяє визначати максимальну потужність у моменти пікових навантажень. Завдяки цьому стає можливим управління режимами енергоспоживання на підприємстві, що є умовою для оптимізації витрат.

Єдина система обліку забезпечує постійний контроль потоків енергії, побудову багаторівневих та різночасових балансів, багатofакторний аналіз даних та прогнозування показників енергоефективності, дозволяючи краще оцінити ефективність роботи обладнання й персоналу. Технічний облік на базі центрів обліку енергії (ЦОЕ), які створюються для найбільш енергоємних споживачів, сприяє більш точному контролю та оптимізації енергоспоживання [6].

З метою підвищення енергоефективності підприємства рекомендується аналізувати річні енергетичні баланси для виявлення найбільш енергоємних підрозділів та споживачів. Якщо детальних балансів немає, можна використовувати паспортні дані основного енергоємного обладнання. Додаткові лічильники, які встановлюються для точнішого обліку, допомагають краще контролювати витрати енергії, дозволяючи підприємству більш точно визначати енергозатрати на виробництво.

Контроль за споживанням енергії в ЦОЕ ґрунтується на спеціально розроблених критеріях, що допомагають оцінити ефективність використання електроенергії. Ці критерії мають відображати реальні зв'язки між енергоємністю та технічними характеристиками обладнання, які впливають на енергоспоживання. Для управління енергоспоживанням часто використовують регресійні моделі, що передбачають ретельний вибір параметрів. При цьому враховуються фактори, які визначають енерговитрати, такі як [6]:

- основні параметри, що відображають цільове споживання енергії (наприклад, обсяг виробництва);
- незалежність технологічних параметрів, які визначають рівень споживання енергії, аби уникнути залежностей;
- неконтрольовані змінні під час побудови моделі, які схильні до випадкових коливань;
- можливість точного вимірювання параметрів для забезпечення достовірності даних.

Об'єднана система комерційного та технічного обліку дозволяє вирішувати декілька ключових завдань:

- точний вимір споживання енергії для мінімізації втрат і підвищення точності розрахунків.
- автоматизований контроль енергоресурсів на всіх рівнях виробництва для зниження витрат.
- аналіз електроенергетичного балансу підприємства для розробки стратегій енергоефективності.
- моніторинг режимів електропостачання в режимі реального часу з можливістю запиту актуальних даних.
- реєстрація відхилень енергетичних параметрів для аналізу й усунення втрат.
- прогнозування енергоспоживання для оптимізації планування енерговитрат.
- автоматичне управління режимами енергоспоживання, що дозволяє оптимізувати витрати.
- синхронізація системного часу, що підвищує точність і синхронність збору даних.
- оптимізація тарифів на споживання електроенергії для економії на оплаті.
- забезпечення точності обліку, що знижує ризик перевищення встановлених договором потужностей та зменшує ймовірність штрафів за перевищення пікових навантажень.

Загалом, впровадження такої комбінованої системи забезпечує ефективний контроль, підвищення надійності обліку та оптимізацію витрат на електроенергію шляхом інтеграції сучасних інструментів управління енерговикористанням.

АСКОЕ в загальному вигляді може бути представлена як система, що включає локальне обладнання для збору та обробки даних, засоби зв'язку

(мережі передачі даних) та віддалений комп'ютер з відповідним спеціалізованим програмним забезпеченням.

Локальне устаткування збору та обробки даних (ЛУЗОД) — це комплекс пристроїв, що забезпечують вимірювання, збір, накопичення та обробку даних про обсяги і параметри спожитих енергоресурсів. Раніше таке обладнання виготовлялося без можливості передачі даних у мережу, і основними вимогами до нього були точність вимірювань, швидкість роботи, а також захист від аварій та несанкціонованого доступу. Однак із зростанням вимог до систем обліку та контролю ЛУЗОД повинна також володіти сучасними мережевими технологіями для інтеграції в автоматизовану систему комерційного обліку електроенергії.

Тенденції на сучасному ринку систем АСКОЕ вказують на необхідність забезпечення цілодобового та прямого доступу до всіх приладів обліку споживання електроенергії. Доступ до приладів може здійснюватися як компанією-постачальником енергоресурсу, так і кінцевими споживачами, але з обмеженими можливостями. Для комутації таких мереж зазвичай використовуються модулі передачі даних за технологіями GSM/GPRS, PSTN та TCP/IP.

Проте ці технології мають свої недоліки. Наприклад, GSM/GPRS використовує бездротові канали передачі даних на великі відстані, але має суттєві недоліки, зокрема платний канал зв'язку та непрактичність для обслуговуючого персоналу. Технології PSTN (англ. Public Switched Telephone Network, Публічна Телефонна Мережа) і TCP/IP орієнтовані на кабельні канали передачі даних, що робить їх дешевшими, але менш зручними в умовах прокладання кабелів у важкодоступних місцях або на значних відстанях від робочого місця оператора. Крім того, кабельне підключення є непридатним, якщо в мережі наявна велика кількість обладнання для збору даних або ж мережеві параметри змінюються динамічно, що робить відсутність стаціонарного робочого місця для обслуговуючого персоналу ще більш проблемною.

Сучасні технології передачі даних у системах обліку електроенергії не повністю відповідають потребам у енергоефективності, економічності, масштабованості та зручності для кінцевих користувачів. Перспективним рішенням є застосування модулів зі зниженим енергоспоживанням або таких, що працюють на основі "енергетичного врожаю" (англ. energy harvesting), а також використання доступних для типових споживачів енергоресурсів. До таких технологій належать NFC (англ. Near Field Communication), Sub-1 GHz та BLE (англ. Bluetooth Low Energy), які ідеально підходять як для індивідуальних користувачів для домашнього моніторингу споживання ресурсів, так і для технічних служб на підприємствах.

Для забезпечення інтеграції ЛУЗОД у мережу АСКОЕ лічильники мають бути оснащені малопотужними контролерами і засобами енергонезалежного зберігання даних із двома інтерфейсами доступу: один для безпосереднього зв'язку з керуючим мікропроцесором обладнання, інший — для обміну даними в мережі. Такий підхід робить використання модемів GSM/GPRS, PSTN та TCP/IP недоцільним, оскільки вони мають обмеження у відповідності вимогам нових рішень [20].

Як приклад розглянемо принцип побудови АСКОЕ в ПАТ «Хмельницькобленерго» (рис. 2.2) [23], яка передбачає використання програмно-технічних засобів, що формують два рівні системи:

- Нижній рівень АСКОЕ (НР), який включає:
 1. Рівень точок обліку електроенергії (РТО) — точні місця встановлення облікових приладів.
 2. Рівень забезпечення об'єктів обліку (РОО) — інфраструктура для підключення облікових приладів.
- Верхній рівень АСКОЕ (ВР), що складається з:
 1. Центральної точки обліку (РКП) — ядра системи збору даних.
 2. Автоматизованих робочих місць АСКОЕ (АРМ) — місць для операторів, оснащених програмним забезпеченням для управління системою.

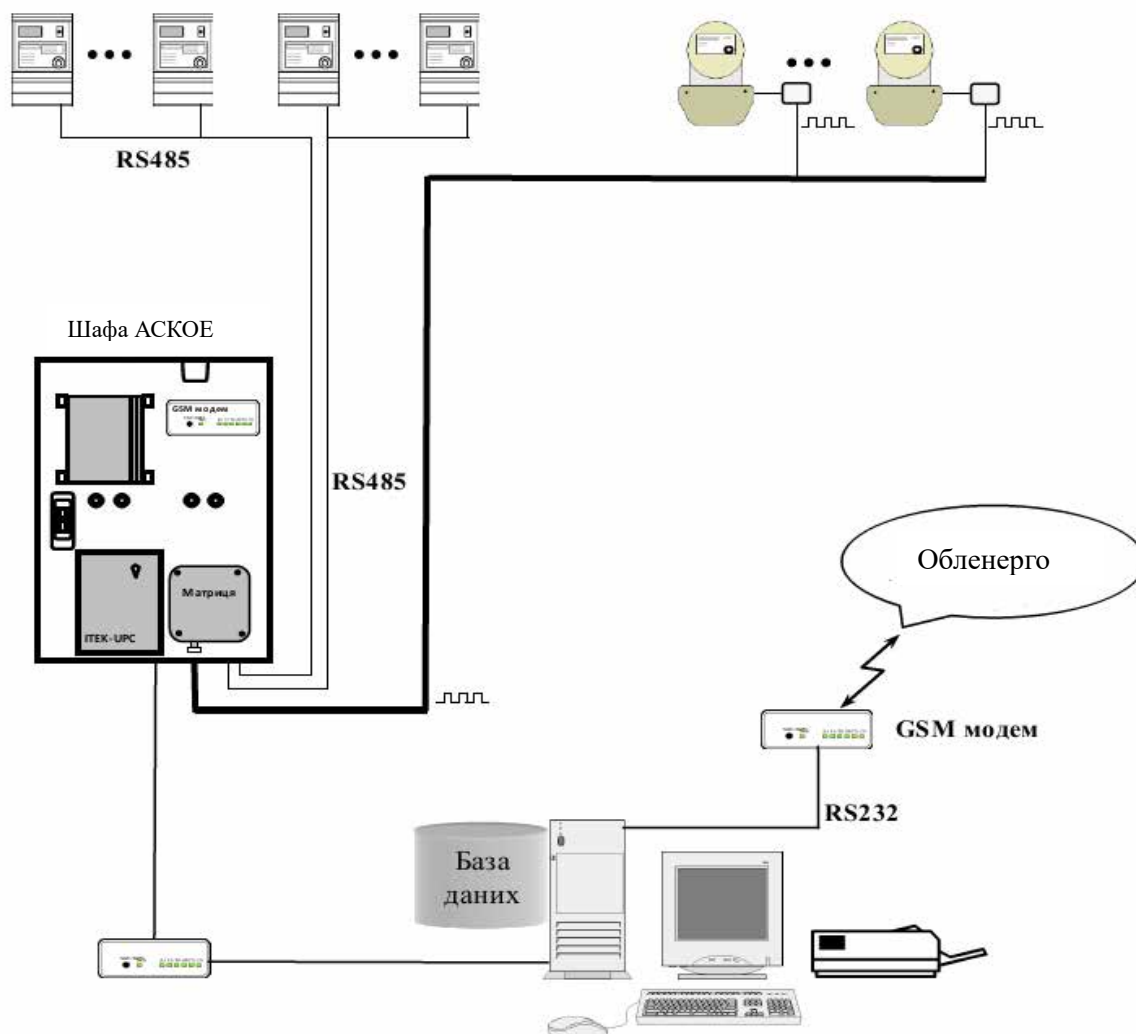


Рис. 2.2. Типова структура програмно-технічних засобів обліку нижнього рівня.

- Програмно-технічні засоби бухгалтерського обліку нижнього рівня включають:
 1. Облікове обладнання (наприклад, трансформатори напруги та струму, лічильники);
 2. Технічний комплекс, який розміщується в кабінеті АСКОВЕ і керується через платформу «Energy WEB»;
 3. Обладнання для комунікації та кабельні лінії.

У разі потреби на підстанції може бути встановлений пульт керування для місцевого користування. Поряд із багатofункціональними лічильниками

на підстанціях можуть використовуватись імпульсні електронні лічильники або індукційні лічильники з економічно недоцільною заміною. Для них застосовується перетворювач УП-3М (рис.2.3), який перетворює оберти диска лічильника в електричні імпульси.



Рис. 2.3. Перетворювач УП-3М.

Основним елементом комплексу «Energy WEB» є мікросервер Itek-WEB (рис.2.4), який забезпечує зв'язок між багатофункціональними лічильниками та сервером баз даних. Він самостійно виконує опитування лічильників і зберігає зібрані дані у власній енергонезалежній пам'яті. Мікросервер Itek-WEB побудований на базі промислового процесора Intel 186, оснащений Ethernet-інтерфейсом із підтримкою протоколів TCP/IP та UDP, що дозволяє ефективну інтеграцію та передачу даних.

Мікросервер Itek-WEB, побудований на базі промислової версії процесора Intel 186, має Ethernet-інтерфейс зі швидкістю 10/100 Мб і підтримує протоколи TCP/IP і UDP, забезпечуючи швидку передачу даних у мережі. Залежно від модифікації, Itek-WEB може мати 6, 10 або 18 послідовних каналів зі швидкістю обміну до 115 Кбіт/с. З цих каналів два RS232 забезпечують підключення AT або GSM/GPRS модемів та підтримують

протокол віддаленого доступу, а решта (від 4 до 16) каналів RS232/RS485 є гальванічно ізольованими і використовуються для підключення до лічильників.



Рис. 2.3. Мікросервер ITEK-WEB

Система також має 8 дискретних входів і 8 виходів для обробки даних, що дозволяють як фіксувати дані обліку за імпульсом, так і керувати зовнішніми виконавчими пристроями, такими як електромеханічні реле.

Джерело безперебійного живлення Itek забезпечує роботу обладнання у випадку збоїв, надаючи до 12 годин автономності.

Для швидшого збору даних в умовах територіально розподілених точок обліку передбачено використання GPRS-зв'язку. У цьому випадку сервер бази даних через сервер зв'язку підтримує постійний зв'язок із кожним об'єктом обліку через технологію Ethernet. Це забезпечує миттєвий доступ до даних кожного лічильника.

Крім того, програмно-апаратні засоби АСКОЕ підтримують паралельне опитування лічильників, що значно зменшує час збору даних. Наприклад, якщо контролер на підстанції має 8 послідовних входів, то всі лічильники,

підключені до цих входів, опитуються одночасно. Таким чином, загальний час збору інформації обмежується часом на опитування каналу з найбільшою кількістю підключених лічильників. На рівні центрального процесора здійснюється заявка на одночасне опитування всіх підключених лічильників на всіх підстанціях, що дозволяє своєчасно звітувати в ДП «Енергоринок» та створювати звітні макети для сусідніх ліцензіатів.

Разом із впровадженням АСКОЕ було розроблено широкий спектр первинних та вторинних вимірювальних пристроїв, які забезпечують високу точність і надійність обліку та контролю якості електроенергії:

1. Цифрові системи вимірювання якості електроенергії типу CSIKE із класом точності 0,2, що забезпечують високоточні вимірювання для оцінки якості електропостачання.

2. Аналізатори напруг і струмів АНТЕС АК-3Ф (клас точності 0,5), які використовуються для детального моніторингу параметрів у електричних мережах.

3. Трифазні багатофункціональні вимірювачі:

- «ЗЕТ» із класом точності 0,2S, які дозволяють здійснювати високоточний облік.

- «ЕТ» із класами точності 0,5S та 1,0, для комплексного обліку та аналізу споживання електроенергії.

4. Лічильники прямого включення із класами точності 0,5; 1,0 та 2,0, що забезпечують прямий облік електроенергії.

5. Робочі еталони різних розрядів (1, 2 та 3) із високими класами точності (0,2; 0,1; 0,05; 0,02), що забезпечують метрологічну базу для калібрування та перевірки інших пристроїв.

6. Пересувні метрологічні установки, призначені для перевірки засобів вимірювання параметрів якості електроенергії, що дозволяє проводити калібрування в польових умовах.

7. Джерела напруги та струму (0,001-200 А), які забезпечують автоматизоване налаштування робочих струмів, напруг та кутів зсуву фаз, необхідних для тестування та калібрування.

8. Трифазний калібратор ДНСТ-3 для точної калібровки напруги і струму.

9. Стаціонарна автоматизована метрологічна установка, яка забезпечує високоточні вимірювання струмів до 120 А.

10. Трифазні трансформаторні лічильники типу ЕТ (класи точності 0,2S; 0,5S; 1,0 та 2,0), які виконують облік електроенергії та забезпечують вимірювання її якісних показників.

11. Стаціонарне обладнання для нормалізації показників якості електроенергії, що забезпечує підтримку стабільних параметрів електричної мережі.

Ці пристрої розроблені для забезпечення високої точності вимірювання і налаштування параметрів електроенергії, а також для підвищення надійності та функціональності систем АСКОЕ, що відповідає вимогам сучасного ринку та стандартам якості.

Для забезпечення точного та надійного обліку електроенергії всі засоби вимірювальної техніки, які використовуються в системах АСКОЕ (трансформатори напруги, струму, багатофункціональні електронні лічильники), повинні пройти державну перевірку або метрологічну атестацію. В Україні для таких приладів обов'язковою є реєстрація в Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки [25].

Багатофункціональні електронні лічильники, які значно відрізняються від звичайних електронних чи індукційних лічильників, виконують не лише вимірювання обсягів спожитої електроенергії, а й обробляють дані, розраховують додаткові параметри споживання та зберігають інформацію в первинній базі даних. Доступ до цих даних здійснюється через цифрові комунікаційні інтерфейси, часто з використанням унікальних протоколів виробників. Така різноманітність структур ПБД, форматів передачі даних і

протоколів ускладнює інтеграцію лічильників від різних виробників в єдину систему АСКОЕ.

В Україні досі не прийняті нормативні документи для уніфікації багатofункціональних електронних лічильників і інших засобів обліку енергії. Впровадження єдиних стандартів сприяло б:

- економії ресурсів при розробці та будівництві систем обліку;
- підвищенню технологічності шляхом спрощення інтеграції пристроїв;
- забезпеченню сумісності між приладами різних виробників;
- підвищенню достовірності та доступності інформації.

Уніфікація вимог до засобів обліку електроенергії дозволить також знизити витрати на модернізацію та обслуговування АСКОЕ, підвищуючи її надійність та розширюючи функціональні можливості системи.

У системі АСКОЕ розділ, який відповідає за формування та зберігання первинних облікових даних, відноситься до вимірювальної інформаційної системи (ВІС) АСКОЕ. ВІС має забезпечувати чіткий поділ вимірювальної інформації на первинні дані та оброблену інформацію. Основним джерелом первинних даних є лише засоби вимірювальної техніки, які зареєстровані в Державному реєстрі та допущені до використання в Україні.

Для підвищення достовірності та захисту даних, усі вимірювальні операції, що формують вимірювальну інформацію, мають виконуватись безпосередньо ВІС. Первинні облікові дані разом з мітками часу та кодами якості зберігаються у первинній базі даних засобів обліку, яка забезпечена захистом від несанкціонованого доступу.

В той же час, інша частина АСКОЕ є інформаційною системою (ІС), яка не виконує вимірювальних операцій. ІС отримує дані від ВІС, де вони піддаються подальшій обробці, з мінімальними похибками, що виникають лише через округлення та точність первинних даних.

Розподілена структура АСКОЕ в умовах енергетичного ринку України вимагає виділення ВІС на рівні об'єктів обліку. Кожен об'єкт обліку

складається з метрологічно атестованих ЗВТ, обладнання для збору, обробки та зберігання інформації, засобів зв'язку та синхронізації часу, що функціонально об'єднані для забезпечення точного обліку електроенергії. Об'єкти обліку мають стандартизовані метрологічні характеристики, а також ПБД, яка містить первинні облікові дані, необхідні для обчислення обсягів енергоспоживання на ринку.

Кожен об'єкт обліку АСКОЕ будується на основі вимірювальних комплексів і приладів обліку, з'єднаних лініями та каналами зв'язку. Вимірювальні комплекси включають канали зв'язку, що передають дані на програмні модулі, які їх зчитують, обчислюють, зберігають і відображають. Таким чином, утворюється вимірювальний канал (ВК) АСКОЕ об'єкта обліку, який забезпечує повний цикл комерційного обліку електроенергії.

2.2. Дослідження елементів АСКОЕ: індукційні та електронні прилади обліку

У системах АСКОЕ для передачі інформації до програмного забезпечення використовуються два основні типи вимірювальних каналів (ВК): імпульсний ВК та цифровий ВК.

Імпульсний вимірювальний канал: інформація передається у формі імпульсів, що надходять від лічильників електроенергії. У таких системах лічильники обліковують активну електроенергію або інтегровану у часі реактивну потужність (пряму або зворотну). Імпульси, що передають інформацію про виміряну електроенергію, зчитуються лічильником та передаються програмному забезпеченню за допомогою проводів. Зазвичай для передачі використовується двопровідна схема з загальним «+» або «-», або матрична схема (рис. 2.4). Імпульси слугують кодом, який інтерпретується програмним забезпеченням.

Цифровий вимірювальний канал: дані передаються програмному забезпеченню у вигляді цифрового коду. Цей підхід дозволяє передавати дані

безпосередньо у числовому форматі, знижуючи похибки та покращуючи точність обміну інформацією між приладами та програмним забезпеченням.

Для зменшення обсягу кабельної інфраструктури та оптимізації передачі даних між ПП (первинними пристроями) та ПО (програмним забезпеченням), у деяких випадках використовують пристрої збору даних, що дозволяє консолідувати дані з декількох лічильників.

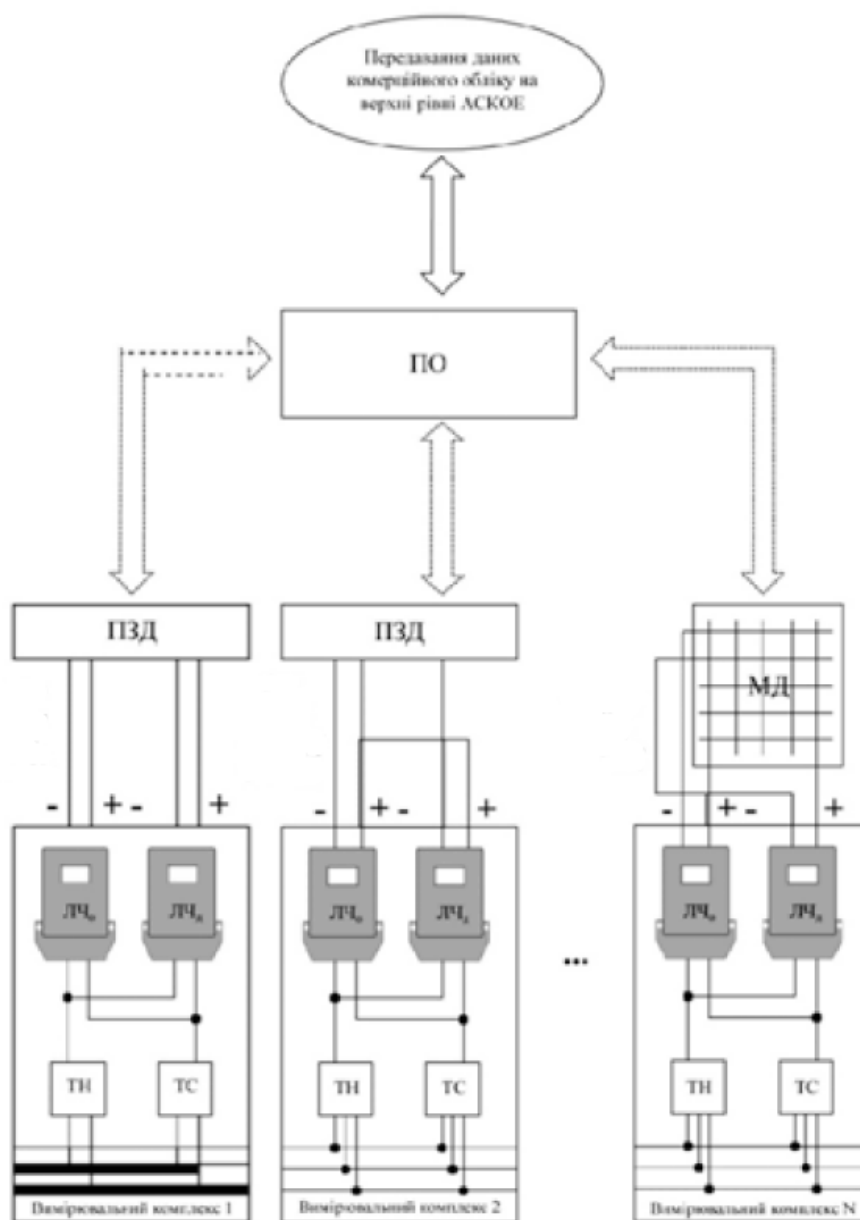


Рис. 2.4. Схема побудови АСКОЕ на базі імпульсних ВК

В основі роботи АСКОЕ першого типу, побудованої на імпульсних вимірювальних каналах, лежить підрахунок кількості імпульсів, які надходять

до програмного забезпечення, та швидкість їх прийому. Програмне забезпечення інтегрує ці імпульси, обчислюючи комерційні дані обліку, зберігає їх у базі даних та забезпечує доступ до них через цифрові інтерфейси зв'язку. Така архітектура є основою для багатьох вітчизняних і зарубіжних систем обліку електроенергії, як-от КТС KIUS CT5000, ITEK-210, SYNET-1, ПІСЕ (Литва) та MEGADATA (Schlumberger, Франція).

Переваги АСКОЕ на базі імпульсних ВК:

1. Висока швидкість обчислення та передача даних: завдяки реальному часу обміну інформацією, такі системи забезпечують швидку обробку, відображення та передачу даних обліку.

2. Широкий діапазон сумісності: у складі АСКОЕ можуть використовуватись різні типи лічильників — від індукційних до багатофункціональних електронних.

3. Відносно низька вартість: простота реалізації імпульсного обміну зменшує витрати на впровадження системи.

Недоліки АСКОЕ на імпульсних ВК:

1. Залежність від стабільності лінії передачі: через те, що дані надходять у формі сирих імпульсів, можливе їх спотворення або втрата у разі пошкодження ліній зв'язку.

2. Відсутність миттєвих значень параметрів: інтегровані дані не дозволяють отримувати миттєві значення потужності, струму, напруги, частоти та інших параметрів, що ускладнює використання системи для технічного моніторингу мережі.

3. Низька чутливість до синхронізації: оскільки процедура вимірювання керується часовими масштабами програмного забезпечення, синхронізація між різними елементами системи не є критичною, і для цього достатньо підтримувати національний шкалу координованого часу (НШКЧ).

Таким чином, АСКОЕ першого типу є ефективною для комерційного обліку електроенергії, проте її функціональні можливості обмежені, і її не

можна використовувати для моніторингу таких показників, як частота, миттєва потужність або $\cos(\varphi)$.

У другому типі АСКОЕ (рис. 2.5) параметри обліку визначаються та зберігаються безпосередньо в багатофункціональних електронних лічильниках (так званих «розумних лічильниках»). Програмне забезпечення тут виконує роль передачі даних із лічильників на вищій рівні АСКОЕ, що дозволяє зосередитися на функціях збору та передачі даних. Приклади таких систем включають DATAGYR (Landis+Gyr, Швейцарія), COLLECTOR

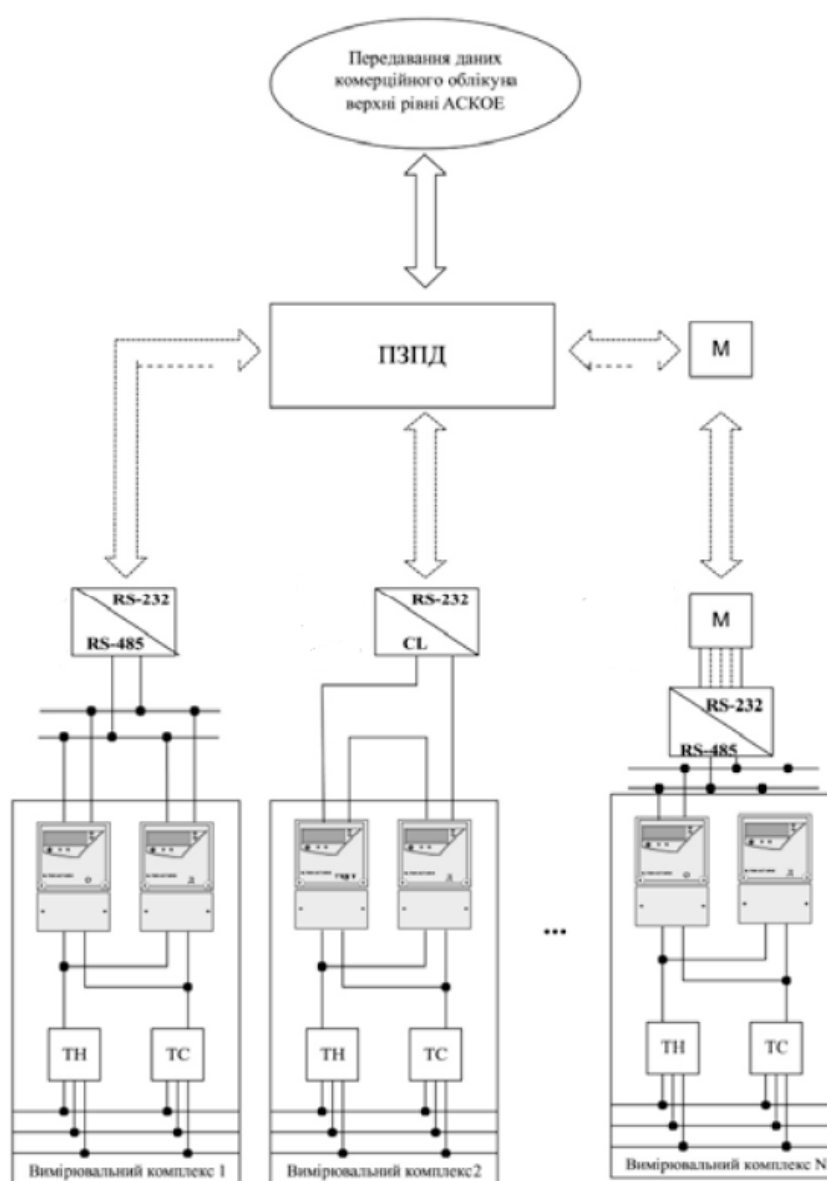


Рис. 2.5. Схема побудови АСКОЕ на базі цифрових ВК

(Schlumberger, Франція) та інші. Ці системи забезпечують агрегування даних та додаткові параметри обліку, як-от прогнозоване споживання електроенергії, а також зберігання даних комерційного обліку у власних базах даних.

Переваги АСКОЕ другого типу:

1. Висока надійність обліку: лічильники зберігають облікові дані на місці вимірювання, що мінімізує ризик втрати даних через пошкодження каналів зв'язку.

2. Дублювання даних: облікові дані зберігаються у розподілених базах даних АСКОЕ на різних рівнях — місцевому, регіональному, центральному, що підвищує надійність і стійкість системи.

3. Захист від збоїв: у разі виходу з ладу одного лічильника облікові дані інших точок залишаються доступними, що гарантує надійність обліку в масштабах всієї системи.

Недоліки АСКОЕ другого типу:

1. Низька швидкість обміну даними: у зв'язку з повільною передачею даних між вимірювальними комплексами та системами збору й передачі, оперативне розрахування і контроль параметрів електричних мереж може бути обмеженим.

2. Проблеми з синхронізацією: складнощі з узгодженням часу в масштабах національної координованої шкали часу можуть спричинити труднощі в забезпеченні точності вимірювань.

Завдяки високій надійності та зручності у відновленні облікових даних, АСКОЕ другого типу на базі цифрових ВК набули широкого розповсюдження в Україні, особливо в умовах зростання потреб ринку електроенергії. Однак, щоб забезпечити ефективність і функціональність системи на лібералізованому ринку електроенергії, важливо дотримуватись стандартизованих технічних вимог на всіх рівнях АСКОЕ, зокрема щодо синхронізації, інтерфейсів і захисту даних.

Архітектура, що включає як перший, так і другий типи АСКОЕ, дозволяє досягти оптимального рівня надійності та функціональності системи,

одночасно забезпечуючи можливості для оперативного контролю та передачі облікових даних на вищі рівні у реальному часі [19].

2.3. Обладнання вимірювальних комплексів

Склад вимірювальних комплексів включає такі елементи, як трансформатори напруги (ТН) та струму (ТС), основні та резервні лічильники електроенергії з вбудованими програмними пристроями та індикаторами приладу керування для контролю якості електроенергії (ПКЯЕ). Кожен із цих компонентів виконує ключову функцію в забезпеченні точності та надійності обліку електроенергії.

Основні функції елементів вимірювального комплексу:

1. Трансформатори напруги і струму (ТН, ТС):

- перетворюють первинні значення напруги і струму в уніфіковані вторинні значення, які підходять для подальших вимірювань.
- забезпечують ізоляцію вимірювальних приладів від високовольтних кіл, що дозволяє безпечно обслуговувати персонал.

2. Основні і резервні лічильники електроенергії:

- вимірюють активну та реактивну електроенергію в точках обліку та забезпечують інтеграцію потужності в часі.
- відображають виміряні значення на приладових панелях і кодують їх у цифровий або імпульсний формат для передачі.

Багатофункціональні електронні лічильники додатково забезпечують:

- зберігання облікових параметрів та службових даних у внутрішній базі даних.
- обчислення первинних даних обліку в точці вимірювання і зберігання їх у ПБД протягом визначеного періоду.
- поточне вимірювання параметрів електричної мережі (частота, напруга, струм, $\cos(\varphi)$, потужність) за запитом.
- передачу збережених даних обліку та параметрів мережі на верхні рівні АСКОВЕ за запитом.

3. Прилади контролю якості електроенергії (ПКЯЕ):

- вимірюють та контролюють показники якості електроенергії в точках обліку для забезпечення належного рівня якості постачання електроенергії.
- дані про якість електроенергії враховуються під час комерційних розрахунків.

Основні функції програмного забезпечення АСКОЕ:

- ведення часу та формування часових інтервалів на базі інтегрованого годинника.
- зберігання в ПБД параметрів обліку, констант та службових даних, необхідних для функціонування АСКОЕ.
- прийом імпульсів від вимірювальних комплексів та збереження їх у ПБД.
- обчислення первинних облікових даних на основі кількості імпульсів, швидкості їх надходження та часу, отриманого з інтегрального годинника, і зберігання цих даних у ПБД.
- агрегування облікових даних за визначеними алгоритмами, визначення групових даних обліку і збереження їх у зведеному вигляді.
- прогнозування обсягів споживання електроенергії (укрупнене прогнозування) на основі заданих алгоритмів.
- відображення даних первинного обліку та прогнозованих обсягів на табло.
- автоматична передача первинних облікових даних та прогнозних обсягів електроенергії на верхні рівні АСКОЕ за розкладом або за запитом.

Ця комплексна структура вимірювальних комплексів та функцій програмного забезпечення дозволяє забезпечити високу точність, надійність і ефективність в обліку та контролі якості електроенергії, що є ключовим для комерційних та технологічних завдань обліку електроенергії.

Програмне забезпечення ПЗПД виконує широкий спектр функцій для забезпечення ефективного збору, обробки та передачі даних в системах автоматизованого збору та комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Ось основні з них:

Основні функції ПЗПД:

1. Ведення часу та формування часових інтервалів:

- ПЗПД відлічує час від заданого початкового значення і формує часові інтервали на основі інтегрованого годинника.

2. Зберігання даних у ПБД:

- ПЗПД зберігає облікові параметри, константи та інші службові дані, що завантажуються в ПЗПД під час його параметризації.

3. Зчитування даних з ПБД лічильників та ПКЯЕ:

- Програмне забезпечення зчитує первинні облікові дані та інші дані з ПБД багатофункціональних електронних лічильників електроенергії та пристроїв контролю якості електричної енергії.

- Зчитані дані зберігаються в ПБД ПЗПД для подальшої обробки.

4. Обробка даних:

- Обробка зчитаних даних за заданими алгоритмами (розрахунок втрат електроенергії, доведення даних до меж балансової власності, агрегування та верифікація даних).

- Визначення даних для комерційного обліку та зберігання їх у ПБД на період, відповідний обраному виду ПЗПД.

5. Прогнозування обсягів електроенергії:

- Програмне забезпечення визначає прогнозовані обсяги споживання електроенергії (енергії) за заданими алгоритмами, включаючи укрупнені значення.

6. Розрахунок відхилень від планових значень:

- ПЗПД розраховує відхилення поточних та прогнозованих параметрів споживання електричної енергії від заданих лімітів або планових значень.

- Розрахункові значення зберігаються в ПБД для подальшого аналізу.

7. Відображення результатів на табло:

- ПЗПД відображає на табло визначені значення даних первинного обліку та прогнозованих обсягів електричної енергії.

8. Передача даних на верхні рівні АСКОЕ:

- Програмне забезпечення передає визначені значення комерційного обліку, дані первинного обліку, виміряні значення параметрів режимів електричних мереж та прогнозні обсяги електроенергії на верхні рівні АСКОЕ за заданим графіком або за запитом.

Забезпечення функціонування ПЗПД:

1. Обмін інформацією в реальному часі:

- ПЗПД забезпечує обмін інформацією в режимі реального часу між верхніми рівнями АСКОЕ та АСКОЕ об'єкта обліку, включаючи багатofункціональні електронні лічильники електроенергії, ПКЯЕ, ПЗПД та інше програмне забезпечення.

2. Уніфікація специфікацій та форматів даних:

- ПЗПД забезпечує уніфікацію специфікацій і форматів даних, що передаються між верхніми рівнями АСКОЕ і АСКОЕ об'єкта обліку, а також протоколів обміну цими даними.

3. Маршрутизація даних:

- Програмне забезпечення здійснює маршрутизацію даних між рівнями АСКОЕ відповідно до пріоритету даних, прав доступу клієнтів та порядку надходження запитів.

Ці функції дозволяють ПЗПД ефективно інтегрувати всі компоненти АСКОЕ в єдину систему, забезпечуючи безперебійний збір, обробку та передачу даних для надійного та точного обліку електричної енергії.

3. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ОБЛІКУ В АСКОЕ

3.1. Опис та принципи роботи системи вимірювання параметрів споживання електроенергії EMS CX 3 фірми Legrand (Франція)

Заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності, не тільки зменшують споживання енергії та скорочують викиди парникових газів, але й забезпечують значні фінансові вигоди та полегшують управління та контроль електроустановок.

Legrand, світовий спеціаліст з електричних та інформаційних систем будівель, пропонує різноманітні рішення для вимірювання та керування електричними системами, які адаптуються до будь-яких завдань і забезпечують повний контроль та управління.

Legrand гарантує їх сумісність з іншими системами енергоменеджменту. Це прості та автоматизовані рішення для вимірювання споживання енергоресурсів, які забезпечують надійну роботу та точний контроль електроустановки.

Система диспетчеризації CX3 EMS забезпечує всі функції оптимального централізованого управління всіма електроустановками. Він дозволяє забезпечити повний контроль електроустановки всього за кілька кроків:

- встановлення всіх пристроїв, які будуть виконувати необхідні функції,
- програмування та налаштування всіх пристроїв локально або віддалено, щоб вони могли надавати дані оператору або зовнішнім системам,
- моніторинг і контроль усіх процесів за допомогою ІТ-інструментів для оптимізації енергоспоживання в будь-який час і в будь-якому місці.

Система дозволяє:

- організувати облік споживання всіх навантажень електроустановки,
- вимірювати електричні параметри (струм, напруга, потужність тощо)
- контролювати стан мережі та пристроїв захисту в локальному та віддаленому режимах,
- керувати захисними пристроями і приводами їх електродвигунів локально або дистанційно, вручну або автоматично.

Дистанційна роздача інформації з комутатора дозволяє відображати дані на місці або віддалено, на вбудованих дисплеях або через підключення до Інтернету на ПК, смартфонах і планшетах.

Система енергоменеджменту CX3 EMS забезпечує точний контроль споживання енергії в будівлі. Це дозволяє повністю контролювати роботу всього обладнання та запобігати можливим збоям.

Вимірювання та облік споживання енергії призводить до зниження витрат за рахунок:

- контроль споживання енергії;
- управління споживанням;
- адаптація налаштувань режиму роботи з метою вирівнювання споживання в часі.

Державний контроль і контроль електроустановки забезпечує її безперебійну роботу:

- подача та відображення аварійних сигналів у режимі реального часу
- розуміння поточного стану електроустановки;
- запобігання пошкодженню елементів електроустановки.

Аналіз даних для оптимізації процесу:

- планування розподілу споживання електроенергії в майбутньому з використанням інформації про енергію, спожиту різними навантаженнями за певний період часу;

- реєстрація максимальних і мінімальних значень параметрів (сила струму, напруга), за допомогою яких можна встановити період найбільшого навантаження електроустановки і при необхідності відключити неперіоритетні мережі;
- реєстрація подій для запобігання нещасним випадкам.

Максимальна кількість функцій і дій, доступних автоматизованій системі, мінімізує вартість і кількість втручань. Розширення автоматизованої електричної інфраструктури зменшує кількість ручних втручань в електроустановку та робить великий внесок в оптимізацію споживання.

CX3 EMS – це нова спрощена система диспетчеризації, яка забезпечує локальне або дистанційне вимірювання, відображення та контроль параметрів електроустановки. Її можна використовувати окремо або інтегрувати в системи вищого рівня за допомогою інноваційної технології з'єднання, яка спрощує монтаж і не впливає на існуючі з'єднання всередині екрана. Система відрізняється ультракомпактним дизайном і пропонує всі функції диспетчеризації електроустановки:

- вимірювання параметрів,
- контроль положення перемикачів (вкл / викл / спрацював),
- контроль електроприладів,
- лічильник пульсу,
- послідовний протокол зв'язку,
- відображення параметрів.

Система складається всього з 8 пристроїв (модулів) зі спеціалізованими функціями для управління всіма електроустановками.

Переваги системи:

- простий монтаж: швидко підготовлене з'єднання через комунікаційну шину або патч-корди, які не заважають електричним з'єднанням всередині панелі.

- простота налаштування: налаштування здійснюється безпосередньо в комутаторі без використання ПК, а також з віддалених пристроїв, на яких встановлено спеціальне програмне забезпечення.

- сумісність з усіма пристроями захисту: модулі СХЗ EMS сумісні з усіма типами пристроїв захисту (модульними та силовими) незалежно від виробника.

- підходить для нових і існуючих розподільних щитів: компактний розмір і два способи підключення системи дозволяють легко встановлювати її в нових і існуючих розподільних щитах.

Маючи такі ж характеристики, як і звичайні контрольно-вимірювальні прилади, вимірювальні модулі EMS розраховують споживання електроенергії в однофазних і трифазних мережах, а також вимірюють різні електричні величини:

- активна (кВт), реактивна (кВАР) і загальна (кВА) потужність по фазах і загальна,
- фазна і міжфазна напруга,
- фазні струми,
- частота та $\cos \varphi$,
- гармоніки.

Модуль являє собою концентратор для прийому та підрахунку імпульсів, що надходять від лічильників електроенергії, газу, води та ін. Підключення до трьох лічильників. Компактні модулі для індикації положення перемикачів керованого пристрою, які підключаються до його допоміжних контактів. Доступний зі світлодіодним дисплеєм:

- положення автоматичного вимикача в литому корпусі: «Підключено» і «Відключено»,
- стан пружини повітряного вимикача: «вгору» і «вниз».

Значною перевагою системи є швидке та просте підключення ліній передачі даних, що не потребує додаткового місця всередині щитка. У разі

комунікаційної шини підключення відбувається автоматично через контакти заднього роз'єму при фіксації модуля CX3 EMS на DIN-рейку в електрощиті.

Система живиться від безпечної наднизької напруги Низький Напруга . Система використовує два види підключення:

- за допомогою інноваційної комутаційної рейки;
- за допомогою патч-кордів швидкої фіксації .

У разі комутаційної шини підключення здійснюється автоматично через задні роз'єми модулів системи CX3 EMS. Для підключення за допомогою патч-кордів всі модулі CX3 EMS оснащені двома роз'ємами в нижній частині корпусу.

Система CX3 EMS призначена для простого та ефективного управління всіма функціями електроустановки, як в самому розподільному щитку без використання ПК, так і з віддалених пристроїв за допомогою безкоштовного програмного забезпечення. Універсальні модулі сигналізації та управління мають 4 перемикача для налаштування різних функцій. Модуль конфігурації дозволяє налаштувати систему та відобразити всі встановлені модулі без підключення до ПК чи IP-мережі. Всі модулі оснащені перемикачем для установки адреси в локальному режимі. Цю настройку також можна виконати на центральному модулі. Всі модулі оснащені кнопкою з багатофункціональним триколірним світлодіодом для індикації станів: «нормальна робота», «режим очікування», «програмування», «оновлення», «немає зв'язку з системою» тощо.

Система адаптується до будь-яких електроустановок. Модулі CX3 EMS оптимізовані для монтажу на DIN-рейці з модульними автоматичними вимикачами Legrand DX3, якими вони керують, але також можуть керувати автоматичними вимикачами DPX3 у литому корпусі та повітряними вимикачами DMX3. Універсальний конфігурований сигнальний модуль можна підключити до будь-яких допоміжних сигнальних контактів модульних автоматичних вимикачів, встановлених на DIN-рейку, або силових автоматичних вимикачів. Забезпечує місцеве та дистанційне керування

різними електричними навантаженнями, в тому числі електроприводами модульних пристроїв захисту, встановлених на DIN-рейці, або пристроїв, змонтованих на друкованій платі. Він має DIP-перемикачі збоку для налаштування:

- тип контакту,
- принцип дії (фіксований або викотний).

Модуль для вимірювання великих струмів від зовнішніх трансформаторів з коефіцієнтом трансформації до 6400, що дозволяє використовувати його в потужних ГРЩ.

Приклади застосування.

Автономна конфігурація (рис. 3.1) ідеально підходить для автономних електроустановок, де локальна робота вимагає:

- контролювати споживання та/або постачання електроенергії, води, газу, кількість тепла тощо, перевіряти стан автоматичних вимикачів, реле, контакторів, кінцевих вимикачів тощо,
- здійснювати місцеве керування автоматичними вимикачами, контакторами, реле тощо,
- реєструвати аварійні сигнали (до 20),

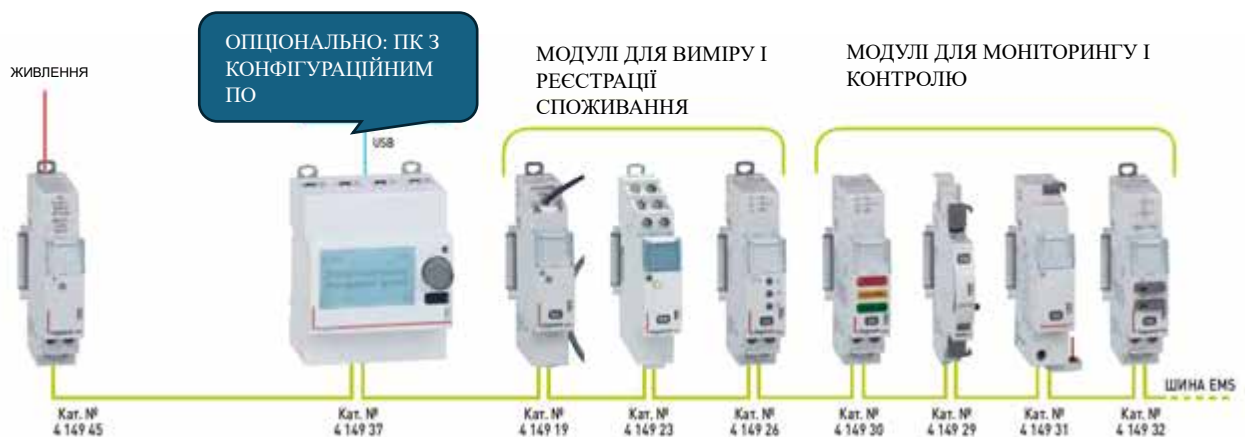


Рис. 3.1. Автономна конфігурація системи енергоменеджменту CX³ EMS.

- виконувати прості автоматизовані операції керування навантаженням,
- виконувати прості налаштування електроустановок.

Сфера застосування: житлові та невеликі комерційні будівлі, в тому числі з сонячними батареями для виробництва електроенергії та підігріву води.

Збірка:

- максимальна кількість пристроїв: 32,
- максимальна відстань між двома пристроями: 3 м,
- максимальне споживання струму всієї системи: 1500 мА , розділене на 3 взаємопов'язані групи,
- максимальне споживання струму для кожної групи: 500 мА від одного силового модуля.

Мережева конфігурація системи (рис. 3.2) ідеально підходить для автономних електроустановок, де, крім функцій, описаних у прикладі 1, необхідно:

- реєструвати динаміку змін різних електричних параметрів (напруга, струм, потужність, коефіцієнт потужності, частота, рівень гармонійних спотворень тощо),
- створювати гістограми та звіти про енергоспоживання,
- реєструвати події та аварії,
- зберігати дані у файлах і автоматично надсилати їх електронною поштою або SMS,
- автоматизувати управління навантаженням,
- отримати доступ до системи зі смартфонів, планшетів, ПК та інших пристроїв.

Сфера застосування: Житлові та невеликі комерційні будівлі, які потребують дистанційного моніторингу та керування електроустановками, про які йшлося раніше.

Установка:

- максимальна кількість пристроїв: 32,
- максимальна відстань між двома пристроями: 3 м,
- максимальне споживання струму всієї системи: 1500 мА , розділене на 3 взаємопов'язані групи,
- максимальне споживання струму для кожної групи: 500 мА від одного силового модуля.



Рис. 3.2. Мережева конфігурація системи енергоменеджменту CX³ EMS.

Онлайн-конфігурація системи (рис. 3.3) є ідеальним вибором для електроустановок, де, на додаток до функцій, описаних у прикладі 2, окремі системи CX3 EMS повинні бути інтегровані в мережу пристроїв MODBUS, щоб:

- реалізовувати додаткові контрольно-вимірювальні функції,
- контролювати та регулювати параметри підключених і виносних електронних реле для захисту автоматичних вимикачів на великі струми,
- контролювати та налаштовувати параметри пристроїв автоматичного введення резервного живлення.

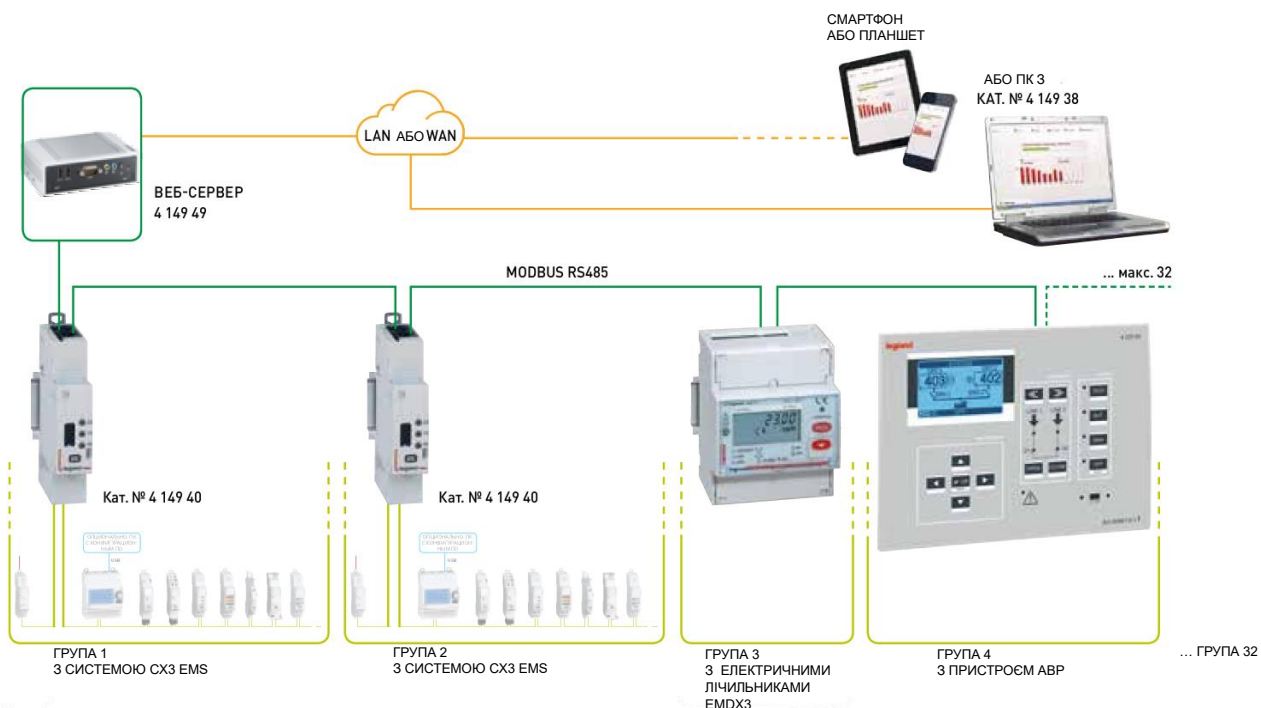


Рис. 3.3. Онлайн-конфігурація системи енергоменеджменту CX³ EMS.

Сфера застосування: будівлі з простими електроустановками (в тому числі, що складаються з кількох шаф), які потребують контролю та керування електричними навантаженнями.

Збірка:

- максимальна кількість пристроїв: 32 пристрої MODBUS,
- максимальна довжина шини RS485: 1000 м,
- максимальне значення адреси MODBUS: 247.

Багатосайтова (мультисайтова) конфігурація (рис. 3.4) ідеально підходить для автономних електроустановок, де крім 3-х функцій, зазначених у прикладах вище, необхідно:

- керувати з різних пристроїв (смартфонів, планшетів, ПК та ін.) через Інтернет окремими електроустановками, розташованими на різних об'єктах;

- мають два рівні візуалізації: локальний (один об'єкт) або віддалений (кілька об'єктів у вікні «адміністратора»).

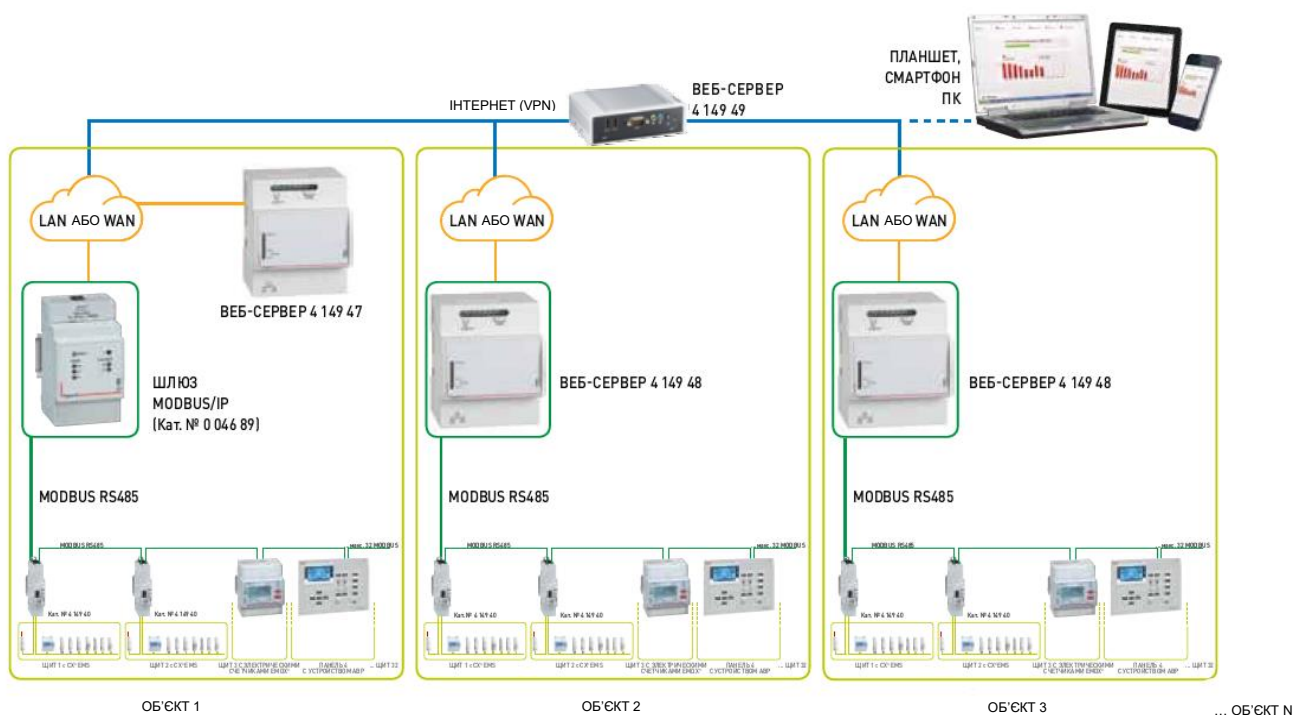


Рис. 3.4. Мультисайт-конфігурація системи енергоменеджменту CX³ EMS.

Сфера застосування: об'єкти (відділення банків, АЗС, школи, мережі ресторанів або магазинів), електроустановками яких необхідно керувати з єдиного центру.

Збірка:

- максимальна кількість пристроїв: 32 пристрої MODBUS і 32 пристрої на групу,
- максимальна довжина шини RS485: 1000 м.

Аналізуючи можливості і конфігурації системи енергоменеджменту CX³ EMS можна зробити висновки, що функціонально система задовольняє базовим принципам побудови АСКОЕ, а також надає можливості для керування електроустановками практично будь-якого масштабу як в мануальному, так і в автоматичному режимах. Таким чином, система може

використовуватись в якості ЛУЗОД, однак потребує розробки ПЗ задля передачі даних на вищі рівні АСКОЕ.

3.2. EMDX3 лічильники енергії

Legrand пропонує комплексні рішення для підвищення енергоефективності. Лічильники EMDX3 (рис. 3.5) підраховують електричну енергію, спожиту однофазним або трифазним ланцюгом, що є частиною системи розподілу енергії. Вони відображають енергоспоживання вимірюваної схеми, а також інші параметри (залежно від моделі), такі як струм, потужність, напруга тощо, і передають ці дані до систем моніторингу або керування енергією.

Існує дві групи лічильників електроенергії:

- Пряме підключення.
- Підключення через трансформатор струму (ТС).

ОСОБЛИВОСТІ І ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІЧИЛЬНИКІВ

- Дисплей: LCD.
- Номінальна напруга (U_n):

Однофазний: 230 В змінного струму $\pm 15\%$

Трифазний: 3 x 230 В або 400 В змінного струму $\pm 15\%$

- Частота: 50 - 60 Гц.
- Відповідає стандартам:

IEC 62052-11

IEC 62053-21 / 23

IEC 61010-1

IEC 61557-12

EN 50470-1 та EN 50470-3 (для MID сертифікації)

- Точність:

Активна енергія (EN 62053-21): клас 1

Реактивна енергія (EN 62053-23): клас 2



Рис. 3.5. SMART-лічильники EMDX3.

Активна енергія (EN 50470): клас В для лічильників з MID сертифікацією:

- Підключення: Пряме або через трансформатор струму (ТС)
- Вихід: імпульсний S0/S0, RS485
- Монтаж: на DIN-рейку
- Розміри: від 1 до 6 модулів залежно від моделі

МОДИФІКАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ

Вибір лічильника необхідно здійснювати з урахуванням типу мережі (однофазна або трифазна), максимального струму, бажаних показників, які потрібно відображати, та типу зв'язку, що дозволяє інтегрувати лічильник у систему моніторингу. Сертифікація MID на деяких моделях лічильників забезпечує точність вимірювання, що є особливо важливим для виставлення рахунків за спожиту електроенергію, оскільки гарантує відповідність європейським вимогам точності та надійності обліку електроенергії для комерційного використання.

Лічильник прямого підключення (рис 3.6): підключається послідовно до вимірювальної лінії та захищений автоматичним вимикачем, який розміщений безпосередньо перед ним. Вимикач необхідно налаштувати

відповідно до максимальної сили струму, допустимої для лічильника, щоб уникнути перевантаження.

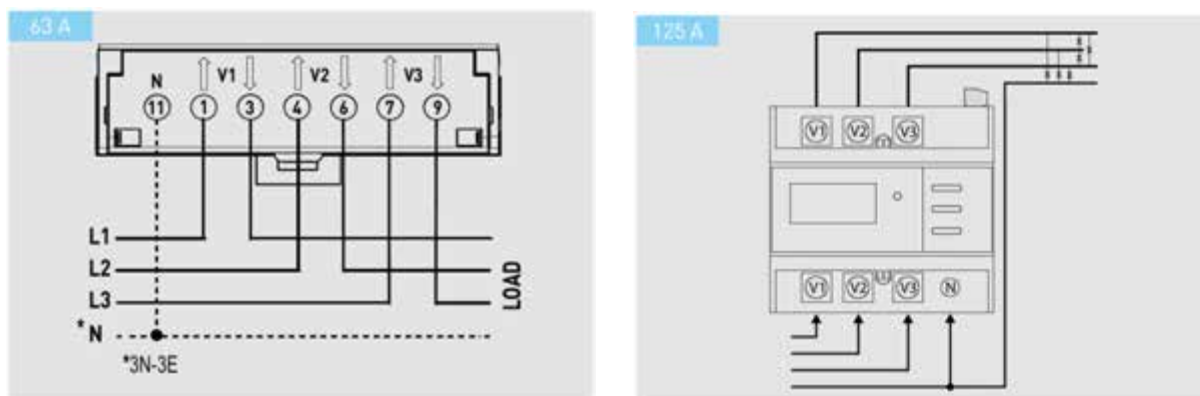


Рис. 3.6. Схема підключення прямого лічильника EMDX3.

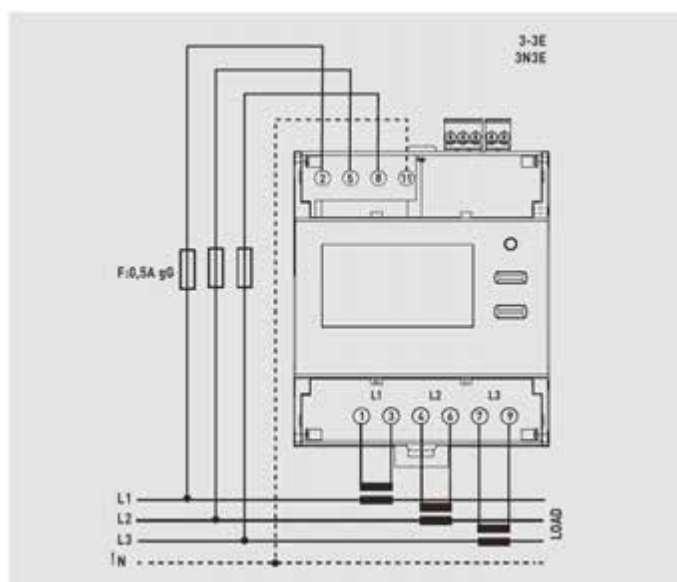


Рис. 3.7. Схема підключення лічильника EMDX3 з трансформаторами струму.

Лічильник з підключенням через трансформатори струму (рис. 3.7) має два типи входів – для струму та напруги. Кожна вторинна обмотка трансформаторів струму підключається до лічильника через відповідні клеми (1-3, 4-6, 7-9), що дозволяє вимірювати проходження струму через трансформатор. Для вимірювання напруги кожен провідник під'єднується до входів 2/5/8 і 11, забезпечуючи живлення лічильника та точне вимірювання напруги в ланцюзі.

Деякі трифазні лічильники дозволяють вимірювати однофазну мережу, а також різні режими проводки.

НАЛАШТУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКА

Після підключення може виникнути необхідність налаштувати параметри лічильника електроенергії, щоб він точно відображав дані, відповідні струмам у вимірюваних ланцюгах (рис. 3.8). Це дозволяє адаптувати лічильник під конкретні параметри мережі та коректно відображати результати вимірювань для подальшого аналізу енергоспоживання.

АДРЕСАЦІЯ MODBUS

Щоб системні інтегратори могли розробляти програми енергоменеджменту, таблиці адресації доступні в електронному каталозі на сайті <http://www.legrand.fr>. Вони містяться як у загальних інструкціях, так і в окремих файлах для кожного продукту. У цих документах можна знайти всі необхідні дані про доступні реєстри, що дозволяє здійснювати детальне налаштування і моніторинг параметрів енергоспоживання для забезпечення ефективного управління.

ІМПУЛЬСНИЙ ВИХІД

Деякі лічильники оснащені імпульсним виходом. На електролічильниках імпульсні виходи не є сухими контактами. Це транзистори, які потребують живлення, або оптореле. Імпульсний вихід поляризований, що дозволяє підключити цей тип лічильника до системи моніторингу, комп'ютера або вимірювального приладу для підрахунку, наприклад, обсягу води, що надходить у водомір. Це також дозволяє контролювати споживання об'єкта: установки, квартири, трубопроводу, будинку тощо. Кожен імпульс відповідає певній кількості кВт·год, літрів і так далі.

ДВОНАПРАВЛЕНЕ ВИМІРЮВАННЯ

Двонаправлені лічильники характеризуються своєю здатністю вимірювати як енергію, що запитується з мережі, як і будь-який звичайний лічильник, так і енергію, що відводиться в неї. Це основні пристрої в будь-якій

фотоелектричній установці для власного споживання з надлишком або в сонячній установці, де споживач не використовує вироблену енергію. Остання потім перепродається постачальнику.

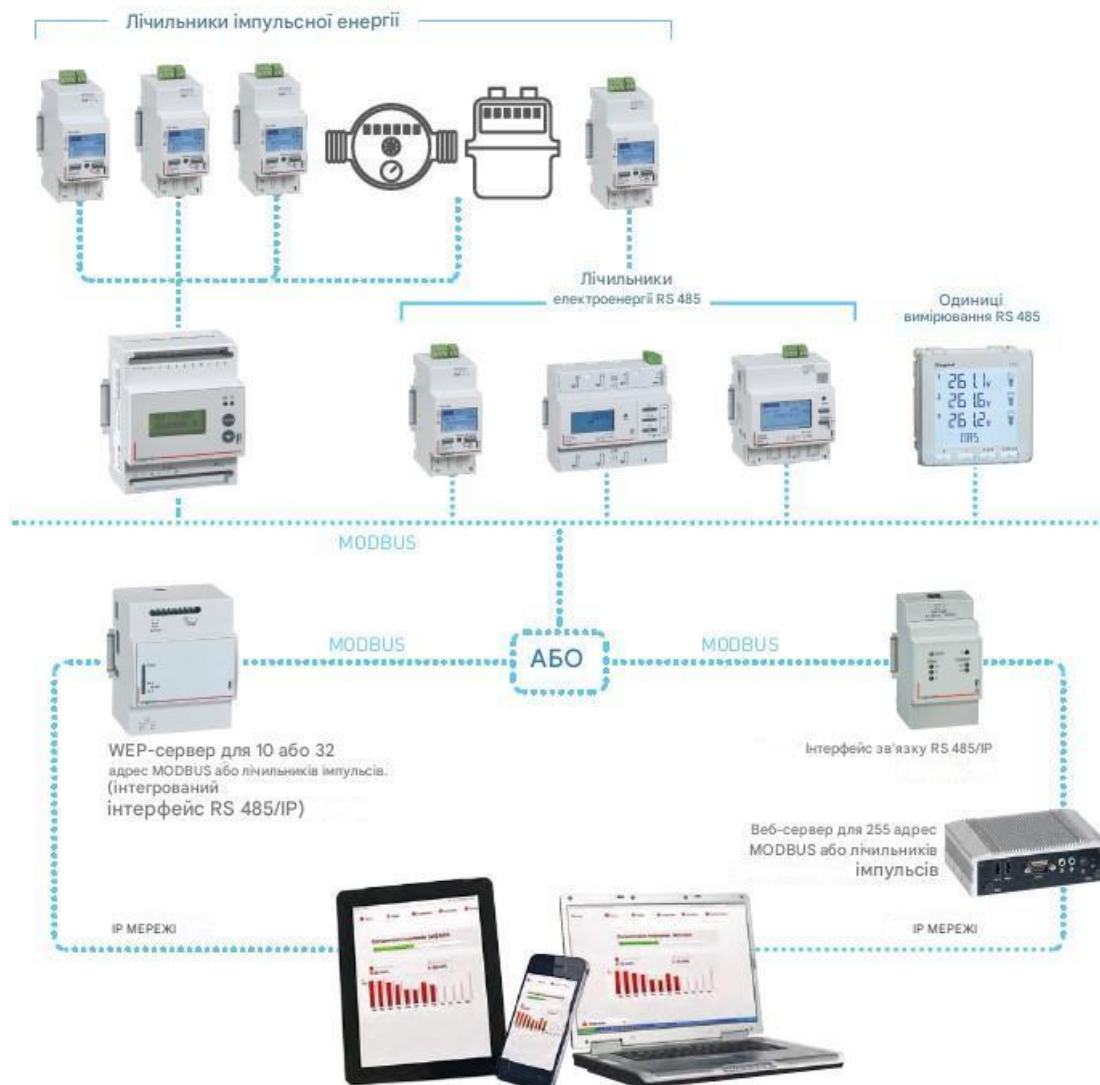


Рис. 3.8. Принципова схема підключення лічильників EMDX3 в системі енергоменеджменту CX3 EMS.

ПЕРЕСИЛАННЯ ДАНИХ

Електролічильники можуть мати імпульсні виходи або вихід типу RS485 для передачі даних до операційної системи.

Лічильники з імпульсним виходом:

- Вихід реалізовано через оптореле, яке відповідає стандарту EN62053-31 і не має потенціалу.

- Напруга на виході (U_{imp}): до 115 В змінного чи постійного струму, крім моделей 0 046 70, 4 120 74, і 4 120 75, де максимальна напруга становить 27 В.

- Сила струму (I_{imp}): до 50 мА, крім моделі 0 046 70 (до 27 мА).

- Підключення здійснюється через клеми 15 і 29 (для моделей, крім 0 046 70 і 0 046 81, де використовуються клеми 4 і 6).

- Тип даних, що передаються: активна енергія (Вт·год) і реактивна енергія (Вар·год) для деяких моделей.

- Вага імпульсу: програмується зі значеннями 1, 10, 100 або 1000 Вт·год/імпульс, з деякими фіксованими значеннями для окремих моделей, таких як 0 046 70 (2000 імп./кВт·год) і 0 046 81 (10 Вт·год/імп.).

- Тривалість імпульсу: програмована в межах 50-500 мс, з фіксованими значеннями для деяких моделей.

Лічильники з виходом Modbus:

- Використовується протокол Modbus RTU.

- Швидкість передачі налаштовується на 4800, 9600, 19200 або 38400 бод.

- Адресний діапазон: від 1 до 247.

- Параметри парності можуть бути парні, непарні або відсутні.

- Кількість стопових бітів: 1.

- Час відповіді на запит становить менше 200 мс.

- Стандартне з'єднання RS485 з двома парами проводів (тип Beiden 9842).

Ці лічильники підходять для застосування в системах моніторингу, які дозволяють відстежувати енергоспоживання в реальному часі та забезпечувати більш ефективне управління енерговитратами.

СЕРТИФІКАЦІЯ MID

Сертифікація MID (Measuring Instruments Directive) — це європейська директива, яка була прийнята в 2004 році. Вона визначає вимоги до приладів для вимірювання енергії, які використовуються для комерційних розрахунків.

Основна мета цієї сертифікації — забезпечити точність та надійність вимірювань через контроль з боку зовнішніх лабораторій.

MID стосується вимірювальних приладів і систем, що використовуються для вимірювання енергоспоживання та інших параметрів енергії. Директива включає різні типи лічильників, зокрема для електричної енергії, води, газу та тепла, щоб забезпечити їх точність для точного перерахунку витрат.

Для того, щоб пристрій відповідав вимогам MID, він повинен пройти сертифікацію в акредитованій лабораторії, де проводиться тестування на відповідність вимогам точності та надійності.

У випадку компанії Legrand, вона надає сертифіковані MID лічильники для вимірювання енергії, а також пропонує інші вимірювальні прилади, які можуть відповідати вимогам точності, але не мають сертифікації MID.

КЛАС ТОЧНОСТІ

Вимірювальні прилади повинні бути класифіковані за класами точності, що визначають максимальну допустиму похибку, яку може мати прилад при стандартних умовах експлуатації. Клас точності вказує на верхню межу похибки, спричиненої лише самим приладом, без врахування інших факторів.

Наприклад:

- Вимірювальний прилад класу точності 0,5 означає, що похибка не перевищуватиме 0,5% від найбільшого показання приладу в умовах його нормальної експлуатації.

- Правильний вибір приладу з відповідним класом точності має велике значення, оскільки це впливає на точність вимірювань та, відповідно, на розрахунки, засновані на цих вимірюваннях.

Існують конкретні стандарти, які визначають ці класи точності для різних одиниць вимірювання:

- ІЕС 62053-22 визначає клас точності 0,5 для активної енергії (для лічильників активної енергії).

- ІЕС 62053-23 визначає клас точності 2 для реактивної енергії (для лічильників реактивної енергії).

Ці стандарти регламентують точність вимірювань для приладів, що використовуються в комерційних цілях, для забезпечення справедливих розрахунків за спожиту енергію.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ЛАНЦЮГ

Ланцюг вимірювань — це комплекс елементів, що використовуються для здійснення вимірювання. У нашому випадку, коли йдеться про електричні вимірювання, ланцюжок включає в себе, наприклад, лічильник енергії та трансформатор струму. Кожен з цих елементів має свій клас точності, і вони разом визначають загальний клас точності для всієї комбінації пристроїв.

Розрахунок класу точності для комбінації:

Клас точності комбінації вимірювального приладу та трансформатора струму не визначається простим додаванням або множенням класів точності кожного окремого елемента, а розраховується за спеціальними правилами. Зазвичай, для обчислення комбінованого класу точності застосовуються такі підходи:

1. Загальний клас точності комбінованої системи (вимірювальний прилад + трансформатор струму) визначається за найбільш низьким класом точності серед усіх елементів у ланцюзі.

2. Математичний розрахунок:

- Якщо кожен з елементів має визначений клас точності, то комбінований клас точності визначається як добуток (або інший математичний вираз) класів точності приладу та трансформатора струму, враховуючи їх специфікації, допуски та можливі похибки.

- У разі, коли необхідно врахувати кілька елементів, також важливо правильно взяти до уваги їх комбіновані ефекти (наприклад, похибки, що накопичуються при передачі сигналу через трансформатор струму).

Важливо враховувати, що при комбінуванні елементів, які мають різні класи точності, зазвичай вибирається клас точності, який найгірший з усіх елементів системи, щоб забезпечити надійні результати вимірювань.

ПОДВІЙНИЙ ТАРИФ

Облік за двома тарифами або двома джерелами можливий за допомогою лічильників електроенергії. Для цього необхідно підключити контакт до виділених входів і додати зовнішнє джерело живлення 12/24 В постійного струму, максимум 10 мА (рис.3.9).

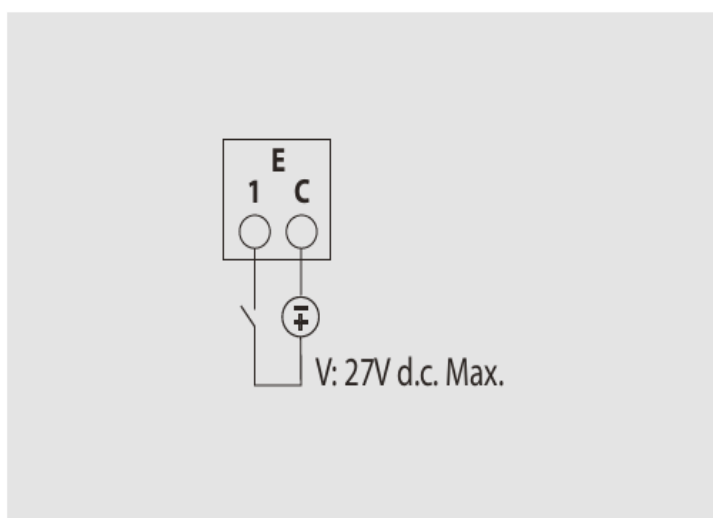


Рис. 3.9. Схема підключення зовнішнього джерела живлення лічильників EMDX3 при двотарифному обліку електроенергії.

Кінцевий резистор 120 Ом інтегрований у модульні лічильники Modbus 2 і 4 модуля. Активація здійснюється в меню програматора.

ІНДЕКС ВИМІРЮВАННЯ

Націлений на найкращу відповідність між вашими потребами та специфікацією вимірювальних пристроїв на різних рівнях вашої установки. Він являє собою справжню мережу діалогу між постачальником і клієнтом для розробки специфікацій. Для кожної конкретної потреби рівень індексу прогресує відповідно до ступеня потреби.

3.3. Розробка структури сучасної автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії на базі лічильників EMDX3

Використання великих об'ємів електроенергії на виробництво призводить до неминучих втрат, як в плані нераціонального використання так і при самому транспортуванні, тому для покращення показників використання енергії впроваджуються АСКОЕ. Це дозволяє отримувати інформацію по таким параметрам: фазні (I_A, I_B, I_C) або лінійні (I_{AB}, I_{AC}, I_{BC}) струми, фазні (U_A, U_B, U_C) або лінійні (U_{AB}, U_{AC}, U_{BC}) напруги, активні потужності фаз (P_A, P_B, P_C), реактивні потужності фаз (Q_A, Q_B, Q_C), повні потужності фаз (S_A, S_B, S_C), кути зсуву фаз ($\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$), частоту f , встановлене відхилення напруги ΔU_y , коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U , коефіцієнт n -ої гармонічної складової напруги $K_{U(n)}$, коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній K_{2U} та нульовій K_{0U} послідовностям та інше.

За рахунок достатньо великої кількості параметрів, що підлягають обліку, АСКОЕ дозволяє забезпечити контроль, як в технічному, так і в комерційному планах. На підставі отриманої інформації можна проводити:

- фінансовий облік,
- керування електроспоживанням,
- визначення складових розподілу електроенергії,
- контроль технічних складових обліку електроенергії.

На перший погляд зазначені вище показники електричної енергії є достатніми, але як зазначається у відомих дослідженнях облік якості електричної енергії в існуючих системах АСКОЕ не ведеться. Для визначення інструментальних можливостей обліку якості електричної енергії необхідно провести аналіз структури сучасних АСКОЕ та існуючої теоретичної бази для визначення якості електричної енергії.

Як зазначалось вище, в технологічному плані АСКОЕ складається з трьох основних рівнів (рис. 3.10).

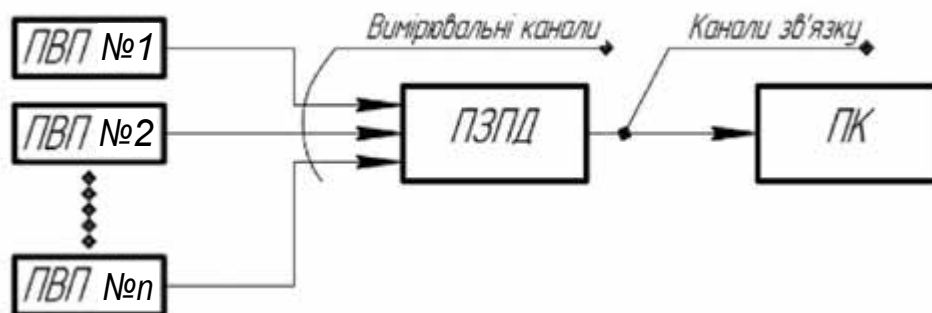


Рис. 3.10. Технологічна схема рівнів АСКОЕ.

Вимірювальний рівень – включає в себе трансформатори струму та напруги, лічильники електроенергії, пристрої обліку, з'єднуючі лінії та канали зв'язку.

Комунікаційний рівень – забезпечує надійність передачі даних між вимірювальним рівнем та рівнем обробки і управління без порушень її достовірності. В якості середовища передачі використовуються: телефонні

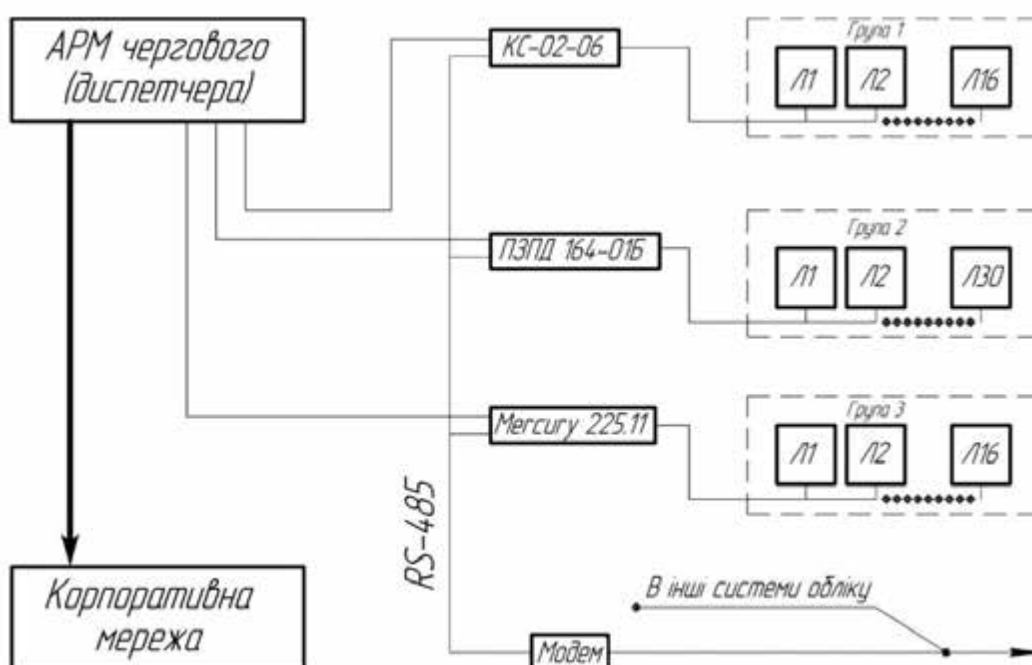


Рис. 3.11. Структурна схема збору і передачі даних АСКОЕ.

виділені/комутовані канали, радіоканали, GSM канали, оптоволоконні лінії та інше.

Рівень обробки і управління – реалізує збір, збереження, обробку інформації, аналіз, планування та керування використанням електроенергії. На даному рівні здійснюється зв'язок з компанією-енергопостачальником, інтеграція з іншими програмно-технічними комплексами автоматизації.

В якості прикладу на рисунку 3.11 наведено блок-схему АСКОЕ з трьома групами лічильників. Перша група — трифазні лічильники активної та реактивної електроенергії NIK 2303 з точкою збору даних КС-02-06 (рис. 3.12).

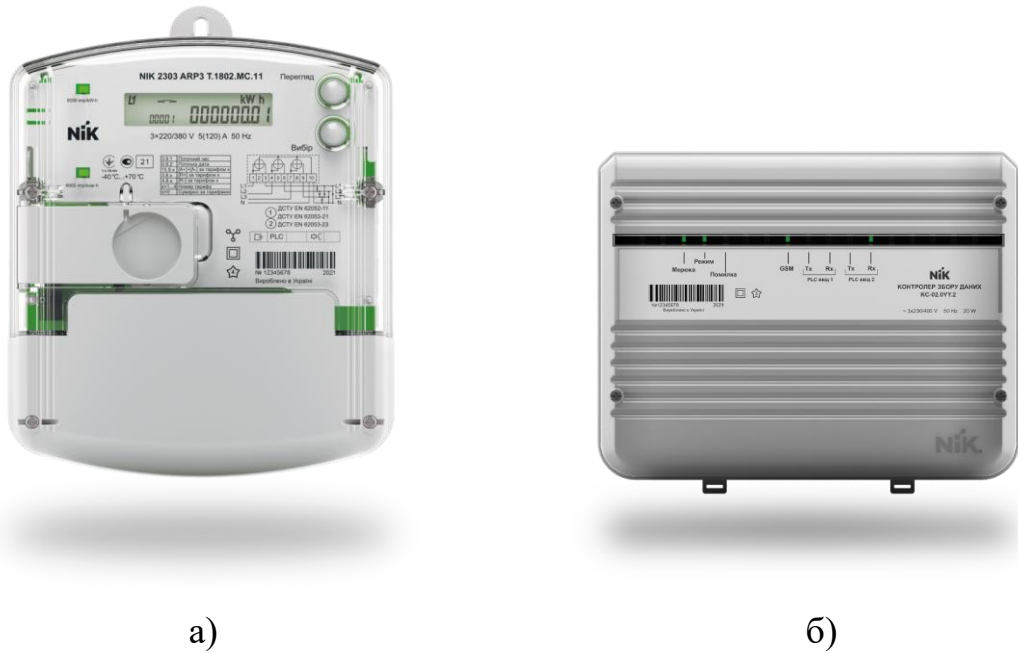


Рис. 3.12. Прилади збору і передачі даних компанії NIK: а) лічильник електроенергії NIK 2303; б) ПЗПД NIK КС-02-06.

Друга група — багатоканальні лічильники ВМФ II з точкою збору даних — пристрій збору та передачі даних ПЗПД 164-01Б (рис. 3.13).

Третя група — трифазні лічильники активної та реактивної електроенергії Mercury 230 з точкою збору даних – концентратор Mercury 225.11.



а)



б)

Рис. 3.13. Прилади збору і передачі даних: а) багатоканальний лічильник електроенергії SITEC VMF II; б) ПЗПД УСПД164-01Б.

В основі побудови мережа лічильників, апаратура збору та первинної обробки даних які забезпечують передачу даних в загальну систему та на диспетчерський пункт, де інформація оброблюється та передається на верхні рівні.

Розглянемо детальніше основні функціональні властивості кожного із зазначених на (рис. 3.11) пристроїв та проаналізуємо можливість застосування системи енергоменеджменту CX3 EMS компанії Legrand з лічильником електроенергії EMSX3 з сертифікацією MID.

Принцип роботи наведеної системи (рис. 3.11) оснований на аналого-цифровому перетворенні вхідних сигналів струмів та напруги по кожній з фаз. Мікропроцесор обчислює миттєві та середні значення струму, напруги, частоти, коефіцієнту потужності, активної, реактивної та повної потужності. Виміряні значення можуть бути подані через цифровий інтерфейс для подальшої обробки, аналізу та акумулювання даних.

Вимірювач електроенергії VMF II складається з базового комплекту (рис. 3.15, Блоки 1, 4): Модуль підключення кіл напруги (1); Модуль підключення кіл струму (4). Вимірювач може бути розширений додатковими елементами для збільшення функціональних можливостей, як в частині

нарощування кількості вимірювальних ліній так і методів передачі даних (рис. 3.15, Блоки 2, 3, 5, 6): модуль розширення кіл струму на 6 каналів (2); модуль розширення кіл струму на 18 каналів (3); модуль мобільного зв'язку (5); модуль дискретних (аналогових) каналів (6). При зборці усіх блоків ВМФ II може проводити облік 54 однофазних, 27 двофазних чи 18 трифазних ліній, також можливо проводити облік комбінованих типів ліній.

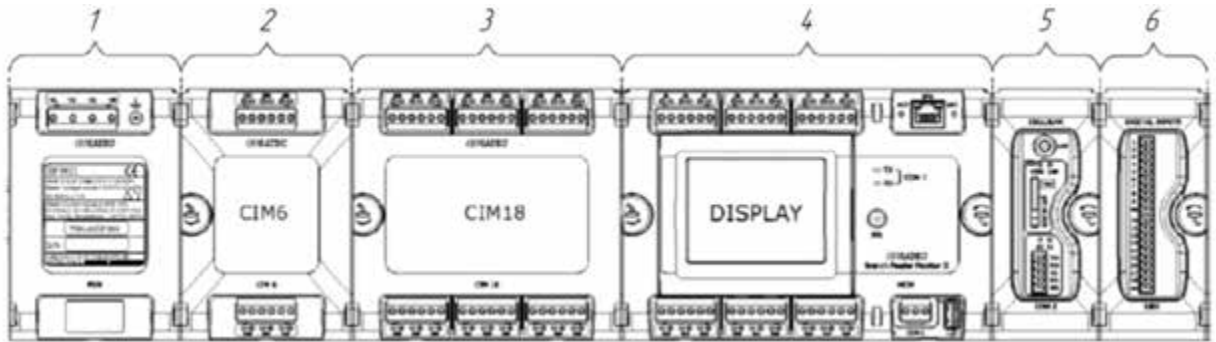


Рис. 3.15. Вимірювач електроенергії ВМФ II.

Пристрій збору та передачі даних ПЗПД 164-01Б призначено для роботи з лічильниками електроенергії, що мають для передачі даних цифрові інтерфейси RS-485, PLC (Power line communication), радіоканал. ПЗПД 164-01Б виконує наступні функції: збір та обробка даних; реєстрація положення комутаційної апаратури через підключення зовнішньої апаратури; передача накопичених даних.

ПЗПД орієнтовано на використання в складі комплексу АСКОЕ, призначений для промислових та комунально побутових користувачів.

Концентратор Mercury 225.11 - на відміну від пристрою збору - призначений для організації збору, збереження та передачі даних по силовій мережі PLC електрولیчильниками «Mercury». Концентратори забезпечують: синхронізацію передачі даних; передачу команд керування лічильникам; підключення додаткових контролерів чи пристроїв передачі даних через додатковий порт RS-485; пряме підключення до ПК через USB порт.

Контролер збору даних КС-02 - призначений для дистанційного збору даних накопичення та передачі даних про використану електричну енергію на сервер оснащений радіо модулем ZigBee. Керування Ethernet, GPRS, ПК. Основними перевагами комутаційного збору даних: бездротовий збір даних; можливість збору даних з мінімальними втратами точності; наявність в блоку енергонезалежного блоку пам'яті для фіксації несанкціонованого доступу; можливість швидкого розширення межі опитування за допомогою комутаційних контролерів. Комутаційний контролер КК-01 - призначений для передачі даних між лічильниками електроенергії та контролером збору даних, оснащених радіо модулем чи PLC-модемом.

Схожі принципи побудови АСКОЕ на базі обладнання компанії Legrand (рис. 3.16) [27].

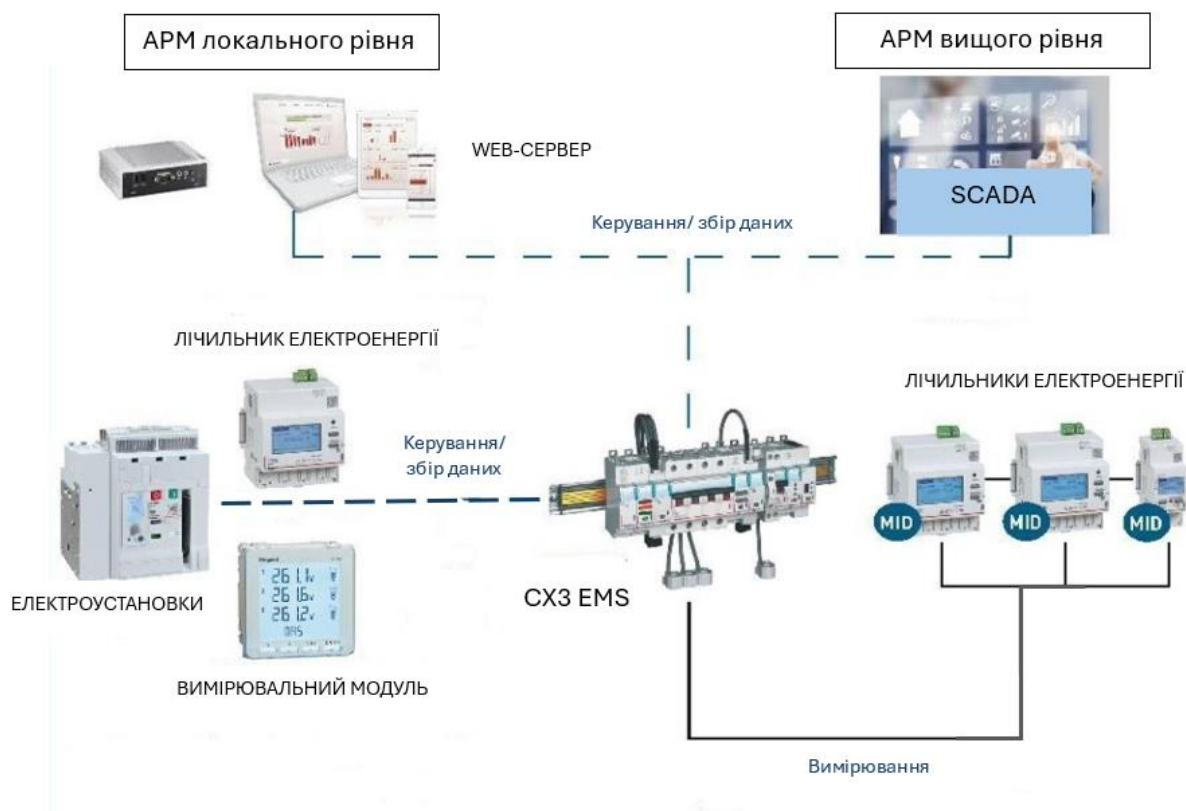


Рис. 3.16. Схема локального рівня АСКОЕ на базі рішень Legrand

Система автоматизованого комерційного та технічного обліку електроенергії на базі продукції компанії Legrand пропонує комплексне рішення для управління енергоспоживанням у сучасних підприємствах. Ця система забезпечує точний моніторинг, контроль та аналіз споживання електроенергії в різних зонах або електричних ланцюгах, що дозволяє оптимізувати витрати та підтримувати високу якість енергопостачання.

Однією з ключових функцій АСКОЕ є вимірювання критичних електричних параметрів, таких як потужність, гармоніки, коефіцієнт гармонічних викривлень (THD), реактивна енергія тощо. Ці дані забезпечують детальний аналіз якості електроенергії та дозволяють приймати обґрунтовані управлінські рішення. У системі також реалізовано постійний моніторинг стану електричних ланцюгів, що є важливим для своєчасного реагування на можливі несправності.

Особливістю рішень Legrand є можливість віддаленого керування пріоритетними електричними ланцюгами через інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Це забезпечує гнучкість у налаштуванні роботи обладнання та сприяє підвищенню ефективності використання енергоресурсів.

Автоматизація є центральним елементом АСКОЕ: система здатна виконувати автоматичні дії для зменшення енергоспоживання та уникнення перевищення встановлених потужностей. Крім того, система підтримує функцію автоматичного сповіщення про несправності через електронну пошту та миттєві повідомлення, що дозволяє оперативно усувати проблеми.

АСКОЕ від Legrand також підтримує автономне управління енергоспоживанням будівлі, забезпечуючи оптимальний розподіл енергоресурсів, скорочення експлуатаційних витрат та підвищення стабільності роботи мережі. Завдяки інтеграції модулів RS-232 та RS-485 для передачі даних система легко адаптується до вимог підприємства та дозволяє ефективно інтегруватися у вже існуючу інфраструктуру.

АСКОЕ окрім технічного обладнання також має програмне, для обробки та відтворення отриманої з лічильників інформації з якою надалі

працює диспетчер, через спеціалізований програмний інтерфейс. Існують різні методи для його побудови в залежності від вимог підприємства та обладнання використовуваного на ньому, але більшість програм має декілька основних елементів.

Розглянемо структуру вікна (рис. 3.17), яке надається диспетчеру в програмному комплексі АСКОЕ. Умовно її можна розділити на наступні частини:

1. Стан комутаційного обладнання.
2. Показники струму на точці обліку.

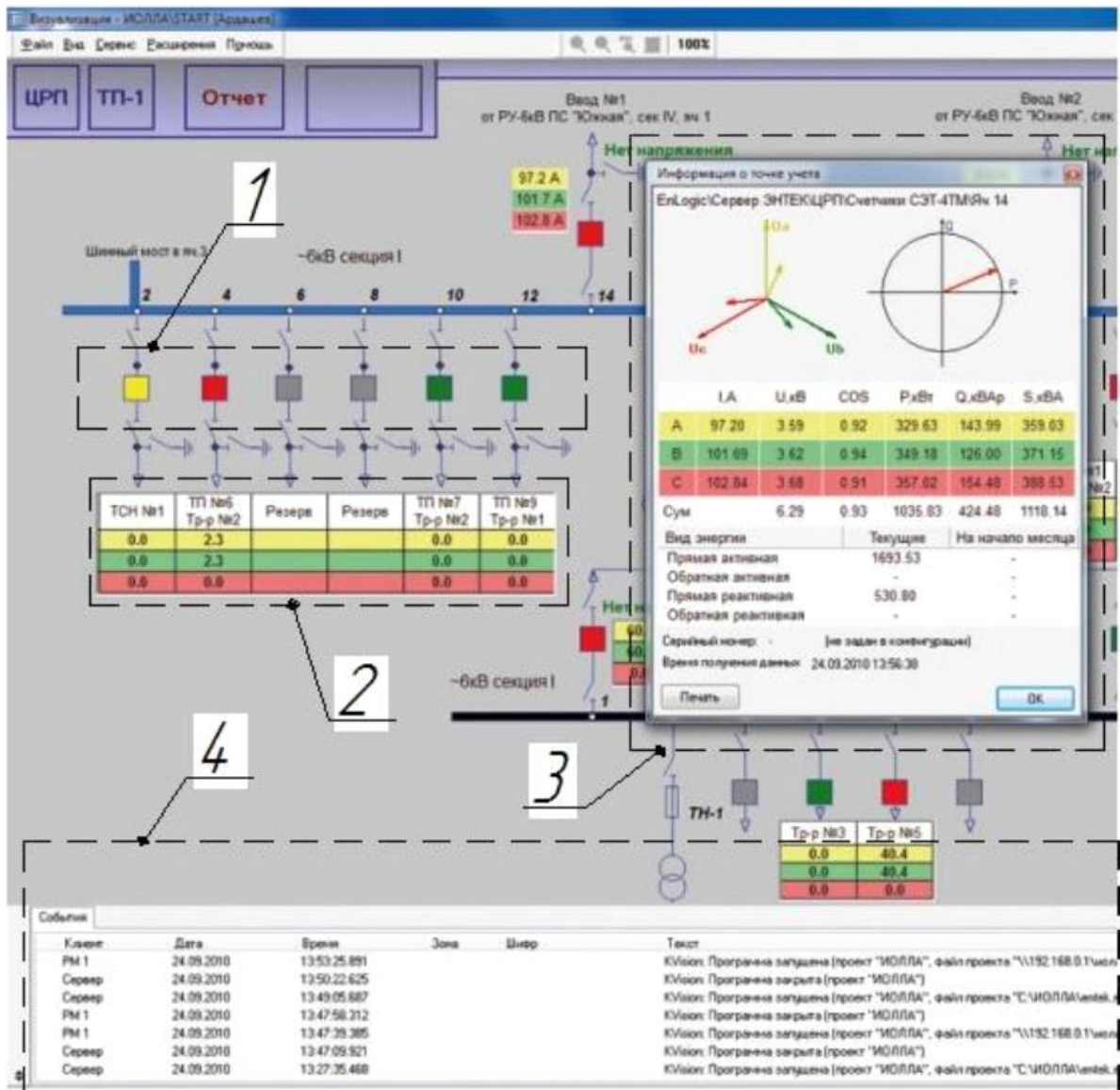


Рис. 3.17. Приклад візуалізації інформації диспетчера системи АСКОЕ

3. Вікно детальної інформації по енергетичним показникам точки обліку.

4. Панель відображення подій, що відбулись на точках обліку.

Диспетчерське вікно застосовується для оперативного керування установкою, об'єктом або комплексом об'єктів, через отриману інформацію яка відображається показниками в точці обліку. У вікні відображення детальної інформації можливо отримати більш повну картину.

Основними показниками електроенергії, що відображаються в детальному вікні інформації є: фазні струми (I_A, I_B, I_C), фазні (U_A, U_B, U_C) напруги, активні (P_A, P_B, P_C), реактивні (Q_A, Q_B, Q_C) та повні потужності фаз (S_A, S_B, S_C), кути зсуву фаз ($\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$), пряма та зворотна активна (P^+, P^-) та реактивна (Q^+, Q^-) потужності. В сучасній електроенергетиці складові потужності які рекомендують до вимірювання регламентовані стандартом IEEE 1459-2010 [26].

В результаті аналізу структури сучасних систем АСКОЕ встановлено декілька способів організації зв'язку лічильників електричної енергії та автоматизованого робочого місця диспетчера. Одною з таких систем може бути АСКОЕ на базі продукції компанії Legrand:

- для комерційного обліку електроенергії можливо застосовувати електронні лічильники EMDX3 з сертифікацією MID та можливістю збору даних з імпульсних лічильників інших виробників; зберіганням даних в ПБД лічильника та передачею даних на локальне АРМ оператора по протоколу RS485;
- для технічного обліку та розширеного автоматизованого керування електроустановками можливо застосовувати систему енергоменеджмента CX3 EMS в комбінації з вимірювальними модулями та лічильниками EMDX3; зберіганням даних в ПБД вимірювальних модулів та передачею даних на локальне АРМ оператора по протоколу RS485 або по радіоканалу ZigBe;

- для обробки, зберігання, візуалізації даних та диспетчеризації системи використовувати локальне АРМ у вигляді локального ПК та/або сервера з установкою спеціального ПЗ Legrand;
- для передачі первинних даних вимірювання споживання електроенергії необхідна інтеграція з сторонньою системою SCADA по протоколу MODBUS.

Впровадження системи на базі рішень компанії Legrand можна вважати перспективним кроком у створенні автоматизованих систем розширеного моніторингу та комерційного обліку електроенергії, доцільність якого має ґрунтуватись на технічному та економічному аналізі електроустановок конкретного промислового або комерційного підприємства. Також, з метою долучення лічильників EMDX3 до комерційного обліку рекомендується внесення цієї продукції до Реєстру затверджених типів ЗВТ [25].

4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АСКОЕ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії стають невід'ємною частиною управління енергоспоживанням сучасних підприємств. В умовах підвищення тарифів на електроенергію, посилення екологічних норм та необхідності підвищення конкурентоспроможності компаній, впровадження таких систем є економічно доцільним рішенням.

Одна з ключових переваг АСКОЕ полягає у зниженні витрат на енергоспоживання. Система забезпечує детальний аналіз споживання електроенергії, ідентифікацію основних джерел перевитрат та розробку заходів щодо їх усунення. Завдяки розширеному моніторингу підприємства можуть скоротити енергоспоживання на 10–20%, що особливо актуально для середніх промислових підприємств із значними витратами електроенергії.

АСКОЕ надає можливість автоматичного управління енергоспоживанням в реальному часі, враховуючи зміну навантаження та специфіку виробничих процесів. Це дозволяє оптимізувати використання електроенергії відповідно до графіка роботи підприємства, зменшуючи втрати електроенергії в мережах та підвищуючи коефіцієнт корисної дії енергетичних систем.

Висока точність вимірювань та можливість автоматичного збору даних про споживання електроенергії зменшують ризики фінансових втрат через помилки у розрахунках. Зниження людського фактору також підвищує загальну надійність системи обліку.

Для середнього промислового підприємства із штатом 50-100 співробітників впровадження АСКОЕ окупається за 1–2 роки. Основним джерелом економії є зменшення перевитрат електроенергії. Додатково, разом з сучасними системами розширеного моніторингу, доцільно впроваджувати автоматизовані системи керування значними адміністративно-господарськими навантаженнями, як-то освітлення, вентиляція і кондиціонування промислових та адміністративних приміщень, інформаційні мережі будівель

та інші за допомогою розглянутих вище систем енергоменеджменту CX3 EMS компанії Legrand (Франція).

Приклад розрахунку впровадження і обслуговування такої системи для середнього підприємства із електроспоживанням 500000 кВт·год/рік та штатом 50 співробітників наведений в таблиці 4.1.

Табл. 4.1. Розрахунок впровадження і обслуговування АСКОВЕ для середнього підприємства.

1. Початкові витрати на впровадження системи				
№ п/п	Позиція	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1.1	Лічильники електроенергії EMDX3 Legrand	5	15 000	75 000
1.2	Обладнання системи CX3 EMS Legrand, що виконує розширені функції моніторингу та керування	1	250 000	250 000
1.3	Модулі комунікації (RS-232, RS-485)	5	12 000	60 000
1.4	Сервер для зберігання даних	1	150 000	150 000
1.5	Інше монтажне обладнання та допоміжні матеріали (40% вартості основного обладнання)			214 000
1.6	Монтажні та пусконаладочні роботи (30% обладнання)	-	-	224 700
1.7	Ліцензування ПЗ	-	-	60 000
	Загальні початкові витрати			1 033 700
2. Операційні витрати (щорічні)				
№ п/п	Позиція		Розрахунок	Загальна вартість, грн/рік
2.1	Технічне обслуговування (10% від обладнання)		749000×0,1	74 900
2.2	Експлуатаційні витрати		-	12 000
	Загальні операційні витрати			86 900

3. Економічний ефект (щорічна економія)				
№ п/п	Джерело економії		Розрахунок	Економія, грн/рік
3.1	Зниження втрат електроенергії (10%)		500000× ×0,1×10	500 000
3.2	Зменшення витрат на обслуговування обліку (ЗП обслуговуючого персоналу)		-	24 000
	Загальна економія			524 000
4. Розрахунок терміну окупності				
№ п/п	Показник		Розрахунок	Значення, грн
4.1	Початкові витрати		-	1 033 700
4.2	Річна економія		-	524 000
	Термін окупності, роки		1033700/ 524000	2

Автоматизація процесів моніторингу та обліку знижує потребу в ручному обслуговуванні лічильників і передачі даних, що дозволяє підприємству зменшити витрати на персонал. Наприклад, витрати на обслуговування традиційних лічильників можуть бути скорочені на 20–30%.

В умовах підвищення стандартів енергоефективності та необхідності відповідності до екологічних вимог, впровадження АСКОЕ забезпечує відповідність підприємства сучасним нормативним актам. Це знижує ризик штрафів та інших фінансових санкцій.

До переваг АСКОЕ з розширеними функціями варто віднести можливість інтеграції з «розумними» мережами. Це дозволяє не лише споживати енергію, але й ефективно продавати її надлишки, які генеруються підприємством за допомогою власних джерел енергії, таких як сонячні чи вітрові установки.

Системи з розширеним моніторингом дозволяють прогнозувати споживання енергії на основі історичних даних та створювати адаптивні графіки використання ресурсів. Це допомагає уникати пікових навантажень та знижувати витрати на електроенергію в години високих тарифів.

Можливість автоматизованого управління споживачами енергії надає підприємствам більший контроль над виробничими процесами. Наприклад, система може автоматично вимикати або зменшувати енергоспоживання обладнання в години мінімальної активності, що значно підвищує енергоефективність.

5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ АСКОЕ

Для забезпечення функціонування автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії необхідно залучити наступний персонал:

- Системний адміністратор, вибирається з наявного штату підрозділу інформаційних технологій. Він відповідає за налаштування та підтримку програмного забезпечення, серверного обладнання та мереж.

- Інженер з електронного обладнання, обирається з існуючого оперативного персоналу. Його завданням є підтримка в робочому стані електронних пристроїв АСКОЕ.

- Технік-електромеханік, також із числа оперативного персоналу. Він забезпечує технічне обслуговування електричного устаткування системи.

До обслуговування та експлуатації АСКОЕ допускається персонал, який ознайомлений з відповідною технічною документацією, пройшов спеціальне навчання та інструктаж із техніки безпеки, а також має кваліфікацію з електробезпеки не нижче III групи.

Основні напрями забезпечення експлуатації:

1. Експлуатація електрообладнання та систем автоматизації, включає порядок дій для підтримки системи у належному стані.

2. Організація автоматизованого робочого місця, передбачає оснащення робочого місця комп'ютерною технікою, необхідною для управління системою.

Установку обладнання, зокрема лічильників, контролерів, і каналів зв'язку, виконують електромонтажники. Під час виконання робіт вони можуть стикатися з небезпечними виробничими факторами.

Мета заходів з охорони праці:

- Аналіз ризиків, пов'язаних з використанням АСКОЕ.
- Розробка безпечних методів роботи при впровадженні та обслуговуванні системи.

- Забезпечення ергономіки та безпеки автоматизованого робочого місця.

Ці заходи спрямовані на підвищення якості роботи персоналу та зниження ризиків під час обслуговування і експлуатації системи.

Оцінка умов праці обслуговуючого персоналу.

Під час виконання монтажних робіт на підстанціях 110/10 кВ обслуговуючий персонал може стикатися з низкою небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать:

- підвищена електрична напруга у мережі, яка може призвести до ураження людини у разі контакту.

- фізичні фактори, зокрема шум, вібрація, недостатнє освітлення робочої зони.

- психофізіологічні навантаження:

а) фізичні перевантаження під час виконання робіт,

б) нервово-психічна напруга, викликана відповідальністю за безпеку або роботою в умовах підвищеного ризику.

Рекомендації щодо забезпечення безпеки.

Для забезпечення безпечних умов праці під час монтажу та обслуговування обладнання систем обліку слід дотримуватися таких правил:

1. Організація робіт:

- монтаж, демонтаж, ремонт і перевірка повинні виконуватися кваліфікованим персоналом, який пройшов спеціальну підготовку,

- дії з електрообладнанням проводять тільки організації, які мають відповідні дозволи.

2. Вимоги до електробезпеки:

- Перед підключенням або відключенням лічильників мережу слід знеструмити, а також вжити заходів для запобігання випадковому поданню напруги.

- Забороняється залишати сторонні предмети на корпусі лічильників, ударяти по них або пошкоджувати ізоляційні елементи.

3. Технічні характеристики лічильників:

- Згідно з ГОСТ 8865-93, лічильники повинні мати подвійну ізоляцію, відповідати вимогам класу захисту II і не потребувати заземлення.

Дотримання цих заходів допоможе мінімізувати ризики, забезпечити безпеку працівників і зберегти працездатність обладнання в належному стані.

Виконання робіт у силових розподільних шафах: правила безпеки.

При роботі з розподільними шафами напругою до 1000 В обов'язковою умовою є повне знеструмлення установки. Монтаж або налагоджувальні роботи можуть виконуватись лише після вжиття заходів, що виключають можливість помилкової подачі напруги на робочу ділянку.

Особлива увага приділяється щитам, які складаються з декількох панелей: працівники повинні уникати контакту з панелями, що залишилися під напругою, якщо вони працюють на вимкненій частині.

Правила безпеки:

1. Відключення. Електроустановка має бути повністю відключена, що підтверджується видимим розривом струмоведучих частин. На апаратуру мають бути вивішені попереджувальні знаки, такі як: "Заземлено" або "Працювати тут".

2. Засоби захисту. Для захисту використовуються як колективні, так і індивідуальні засоби.

Виконання робіт під напругою (як виняток).

Якщо немає можливості знеструмити обладнання, дозволяється виконувати аварійні роботи під напругою не вище 500 В із суворим дотриманням правил:

1. Кваліфікація. Виконавець має належати до працівників із кваліфікаційною групою не нижче IV.

2. Інструктаж. Перед початком робіт відповідальна особа повинна провести інструктаж, акцентуючи увагу на дотриманні правил безпеки.

3. Захисний одяг та інструменти:

- робота проводиться в діелектричних калошах або на ізоляційній підставці.
- використовується монтерський інструмент з ізолюючими ручками чи діелектричні рукавички.
- обов'язковий одяг – комбінезони з застебнутими рукавами, а також головний убір.

4. Обмеження контактів:

- заборонено одночасно торкатися до струмопровідних частин різних фаз,
- робоче місце має бути ізольоване від інших фаз та навколишніх предметів (стіни, балки, труби).

Ці правила гарантують безпеку працівників і знижують ризик нещасних випадків під час роботи з електричними установками.

Електрозахисні засоби поділяють також на основні та додаткові. Основними називають такі захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки. З їх допомогою можна торкатися струмоведучих частин що перебувають під напругою. Додаткові засоби забезпечують захист від напруги дотику, крокової, а також від опіків електричною дугою.

До основних захисних ізолюючих засобів в електроустановках до 1000 В відносять:

- діелектричні рукавички;
- діелектричні боти;
- інструмент з ізолюючими рукоятками: ізолюючі кліщі, покажчики напруги, ізолюючі штанги.

До додаткових ізолюючих засобів в електроустановках до 1000 В відносяться:

- діелектричні калоші;
- діелектричні гумові килимки, огорожувальні пристрої;
- ізолюючі підставки, переносні заземлення, плакати і знаки безпеки.

Забезпечення робочого місця оператора.

Рекомендації для організації робочого місця при роботі за комп'ютером.

Незважаючи на тривожну статистику, що стосується захворювань, пов'язаних із використанням персонального комп'ютера, більшість із них можна попередити. Основою профілактики є правильна організація робочого місця та адаптація робочого ритму. Зручне робоче місце має забезпечувати комфорт щонайменше у двох робочих положеннях.

Основні елементи робочого місця:

1. Крісло:

- оснащується підлокітниками, механізмами для регулювання висоти сидіння та спинки, а також кута нахилу,
- рельєф спинки має повторювати вигини хребта,
- регулювання висоти сидіння: 40–50 см; кут нахилу спинки: 90–110°,
- розміри: ширина сидіння — від 40 см, глибина — від 38 см; висота спинки — мінімум 30 см, ширина — від 38 см.

2. Клавіатура:

- руки розташовуються природно, без надмірного нахилу тулуба вперед.
- її слід розміщувати на рівні, де можна уникнути напруги рук, використовуючи регульовану підставку або розміщуючи клавіатуру на колінах.

3. Робочий стіл:

- довжина поверхні — мінімум 70 см, ширина — достатня для розташування клавіатури та документів (перед клавіатурою має залишатися не менше 30 см).
- поверхня може бути горизонтальною або нахиленою під кутом 12–15°.

4. Підставка для ніг:

- регулювання висоти до 150 мм, кут нахилу — до 20°,
- розміри: ширина — мінімум 300 мм, глибина — від 400 мм,
- поверхня повинна бути рифленою, з бортиком висотою 10 мм по краю.

Дотримання цих рекомендацій допоможе уникнути фізичних перевантажень і знизить ризик виникнення професійних захворювань, пов'язаних із використанням комп'ютера.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розглянуто концепцію, розробку та впровадження автоматизованої системи розширеного моніторингу та комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Проведені дослідження підтверджують, що створення таких систем є важливим кроком до забезпечення енергоефективності підприємств та раціонального використання енергоресурсів.

Завдяки автоматизації обліку та моніторингу електроенергії стає можливим отримання точних даних про споживання в режимі реального часу, що дозволяє виявляти неефективності, аналізувати витрати, а також контролювати відповідність технічних параметрів електропостачання встановленим стандартам. Система АСКОЕ забезпечує не лише моніторинг і контроль, а й здатна до автоматичного реагування на зміну умов, що зменшує ризики перевищення лімітів споживання та підвищує стабільність роботи енергосистеми підприємства.

У ході виконання роботи було досягнуто таких результатів:

- проведено аналіз сучасних рішень для автоматизації комерційного обліку енергії, виявлено їхні переваги та недоліки,
- розроблено структуру системи АСКОЕ, яка включає засоби моніторингу, передачі даних і управління споживанням,
- обґрунтовано вибір технічного обладнання та програмного забезпечення для реалізації системи,
- виконано економічний розрахунок, який підтвердив доцільність впровадження АСКОЕ завдяки значному зниженню витрат на електроенергію та поліпшенню управління енергоспоживанням.

Впровадження запропонованої системи дозволяє підприємствам отримати низку переваг, серед яких:

- зменшення експлуатаційних витрат за рахунок оптимізації енергоспоживання;

- забезпечення надійного контролю якості електроенергії;
- автоматизація процесів збору даних і підготовки звітності;
- можливість оперативного управління навантаженням і попередження аварійних ситуацій.

Запропонована система є масштабованою, що дозволяє адаптувати її до потреб підприємств різного розміру та галузей діяльності. Її впровадження є перспективним кроком у напрямку сталого розвитку промисловості та ефективного використання ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шулле Ю. А., Рогозянський І. С. Використання АСКОЕ для підвищення ефективності енерговикористання на промислових підприємствах. *ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ*. Вінниця: Вінницький національний технічний університет. 2016. №1, с.60-63.
2. Коцар О.В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання] : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 44 с.
3. ПРАВИЛА роздрібного ринку електричної енергії. Затв. Постановою НКРЕ від 14.03.2018 № 312. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18#n22> (дата звернення: 15.11.2024).
4. Технічні вимоги до автоматизованої системи комерційного обліку оптового ринку електричної енергії України. Додаток 7(4) до Договору між Членами Оптового ринку електричної енергії України.: Київ, 2003. URL: <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=16> (дата звернення: 15.11.2024).
5. Коцар О.В. Розвиток автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії в умовах лібералізації ринку електричної енергії України. *Технічна електродинаміка*. Київ, 2018. № 4. С. 110-117.
6. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навчальний посібник / Г. Г. Півняк, С. І. Випанасенко, О. І. Хованська та ін. – Дніпро : Національний гірничий університет, 2013. 214 с.
7. Праховник А. В., Коцар О. В. Концептуальні положення побудови АСКОЕ в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України. *Енергетика та електрифікація*. 2009. № 2. С. 45–50.
8. Про засади функціонування ринку електричної енергії України. Закон України №663-VII від 24.10.2013. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/663-vii> (дата звернення: 15.11.2024).

9. Плахотний М.В., Коцар О.В., Коцар І.О. Забезпечення захисту та безпеки первинних даних обліку в АСКОЕ. Київ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». 2016.
10. Коцар О.В. Керування часом в АСКОЕ. *Метрологічне забезпечення обліку електричної енергії в Україні* : Матеріали VIII Науково-практичної конференції. Київ, 2011. С.51-63.
11. Коцар О.В. Забезпечення повноти, достовірності та актуальності даних комерційного обліку в ОРЕ України. *Електричні мережі: сучасні проблеми моніторингу та керування-2012* : Матеріали I науково-практичної конференції. О. Жденієве, Закарпатська обл., 2012. С.78 - 87.
12. Коцар О.В. Особливості побудови та застосування АСКОЕ в РДДБР. *Термографія і термометрія. Метрологічне забезпечення вимірювань та випробувань (СИСТЕМИ-2013): 2013 рік* : тези доповідей Міжнародна науково-технічної конференції, 23-27 вересня 2013 р. Львів, Національний університет «Львівська політехніка», 2013. С.185 - 186.
13. Інструкція про порядок формування кодів якості даних комерційного обліку електроенергії. Розробник: ТОВ «Учбово-науково-виробничий комплекс ЕТУ». Замовник: Державне підприємство «Енергоринок». Київ, 2012. 32с. URL: <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=13> (дата звернення: 15.11.2024).
14. Праховник А.В., Денисюк С.П., Коцар О. В. Принцип організації взаємодії компонент Smart Grid. *Енергетика та електрифікація, 2012. №8.* С.68 - 75.
15. Інструкція про порядок комерційного обліку електроенергії. Додаток 10 до Договору між членам Оптового ринку електроенергії. Затв. Радою Оптового ринку електроенергії України, протокол від 09.06.1998р. №12. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va349227-98#Text> (дата звернення: 15.11.2024).
16. КОДЕКС комерційного обліку електричної енергії. ЗАТВЕРДЖЕНО Постанова НКРЕКП 14.03.2018 № 311 (у редакції постанови НКРЕКП від

- 20.03.2020 № 716). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0311874-18#n9> (дата звернення: 15.11.2024).
17. Плахотний М.В., Коцар О.В., Коцар І.О. Забезпечення комплексного захисту і безпеки даних комерційного обліку електроенергії в енергоринку України. *Енергетика та електрифікація*, 2014. №5. С.34 - 40.
18. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України. Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НІСРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України від 17.04.2000р. №32/28/28/276/75/54. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0032558-00#Text> (дата звернення: 15.11.2024).
19. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник / Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 332 с. ISBN 978-966-949-435-1.
20. Дідук В. А. Автоматизація збору даних енерговитрат в системах АСКОЕ. *Наукові праці. Комп'ютерні технології*. Випуск 238. Том 250. С. 47-53. УДК 004.75.
21. Кулик В.В., Пискляров Д.С. Автоматизація комерційного обліку електроенергії та підвищення її ефективності у розподільних електричних мережах. Вінниця, Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2008. № 1. ISSN 1997-9266.
22. Технічні вимоги до автоматизованої системи комерційного обліку оптового ринку електричної енергії України. Додаток 7(4) до Договору між Членами Оптового ринку електричної енергії України.: Київ, 2003. URL: <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=16> (дата звернення: 15.11.2024).
23. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії ПАТ «Хмельницькобленерго»/ Шпак О.Л., Луців П.Д., Калінчик В.П., Шиянов О.О. Київ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. №2.: С. 62 – 52. УДК 621.311.153

24. Тодоров О.В., Бялобржеський О.В. Аналіз структури сучасної автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії, первинних пристроїв збору та обробки даних. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Кременчук, 2020. №1. С. 145 – 150.
25. Реєстр затверджених типів засобів вимірювальної техніки. ДП "Укрметртестстандарт": Київ, 2024. URL: <https://legalzvt.kiev.ua/search> (дата звернення: 15.11.2024).
26. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. IEEE Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000): 2010. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5439063> (дата звернення: 15.11.2024).
27. Електронний каталог продукції компанії Legrand, Франція: 2024. URL: <https://www.legrand.com/ecatalogue/en> (дата звернення: 15.11.2024).