

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

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук., професор
_____Петро ПЛЕШКОВ
“ ____ ” _____2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої
освіти
на тему
“Система управління та моніторингу
енергоспоживанням комунально-побутових
споживачів”

Виконав здобувач вищої освіти
2 курсу магістратури, групи ЕЕ-22М
ОПП «Електротехнічні системи
електроспоживання»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Олександр ШАПОВАЛ
« ____ » _____2023 р.
Керівник роботи
канд. техн. наук, професор
_____Лариса ВІХРОВА
« ____ » _____2023 р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Плешков П.Г.

«___» _____ 2023 р.

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

Шаповала Олександра Петровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Система управління та моніторингу

енергоспоживанням комунально-побутових споживачів

System for managing and monitoring energy consumption

of household consumers

2. Керівник роботи (проекту) Віхрова Лариса Григорівна, канд. техн. наук., проф.

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 28.12.2023 р

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) Метою роботи є

проекткування системи управління та моніторингу енергоспоживанням

комунально-побутових споживачів. Досягнення поставленої мети

реалізується шляхом вирішення таких задач: 1. Здійснити аналітичний огляд

існуючих систем управління та моніторингу енергоспоживанням

комунально-побутових споживачів. 2. Провести аналіз методів розроблення

систем управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-

побутових споживачів. 3. Провести розробку автоматизованої системи

управління та моніторингу енергоспоживання комунально-побутових

споживачів на прикладі житлового комплексу.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н, доц. Савеленко І.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Вступ</i>	<i>10.10.2023</i>	
<i>2</i>	<i>Аналітичний огляд сучасних засобів управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів</i>	<i>13.10.2023</i>	
<i>3</i>	<i>Методи розроблення систем управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів</i>	<i>30.10.2023</i>	
<i>4</i>	<i>Розроблення автоматизованої системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів</i>	<i>15.11.2023</i>	
<i>5</i>	<i>Охорона праці</i>	<i>30.11.2023</i>	
<i>7</i>	<i>Висновки</i>	<i>07.12.2023</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>11.12.2023</i>	
<i>9</i>	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>14.12.2023</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Шаповал О. П. Система управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів.

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання». – Центральноукраїнський національний технічний університет. – м. Кропивницький, 2023 р.

Метою роботи є проектування системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів.

Проведений в роботі аналіз засвідчив, що автоматизована система обліку та управління енерговикористанням (АСУЕ) є важливим елементом оптимізації енергоспоживання. Функціонал АСУЕ охоплює прогнозування потреб в енергоресурсах, моніторинг їх витрат, аналіз даних для виявлення резервів економії, контроль параметрів обладнання та інші аспекти ефективного енергоменеджменту.

Смарт-лічильники електроенергії є ключовим компонентом концепції інтелектуальних енергомереж Smart Grid. Вони забезпечують розширений функціонал порівняно зі звичайними приладами обліку. Завдяки можливостям дистанційного збору й аналізу даних, смарт-лічильники дозволяють оптимізувати процеси обліку, контролю споживання та розрахунків між споживачами й постачальниками електроенергії.

Ключові слова: автоматизовані системи, облік електроенергії, моніторинг енергоспоживання

THE SUMMARY

Shapoval O. P. System for managing and monitoring energy consumption of household consumers.

Specialty 141 – "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – "Electrical power consumption systems". – Central Ukrainian National Technical University. – Kropyvnytskyi, 2023

The purpose of the work is to design a system for managing and monitoring the energy consumption of utility consumers.

The analysis carried out in the work proved that the automated system of accounting and management of energy use (ASUE) is an important element of optimizing energy consumption. The ASUE functionality includes forecasting of energy resource needs, monitoring of their costs, data analysis to identify savings reserves, control of equipment parameters and other aspects of effective energy management.

Smart electricity meters are a key component of the Smart Grid concept. They provide extended functionality compared to conventional accounting devices. Thanks to the capabilities of remote data collection and analysis, smart meters allow optimizing the accounting, consumption control and settlement processes between electricity consumers and suppliers.

Keywords: automated systems, electricity accounting, energy consumption monitoring

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ	
УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ	
КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ.....	12
1.1 Аналіз електроспоживання комунально-побутових споживачів	12
1.2 Історія розробки сучасних Smart-лічильників електроенергії	15
1.3 Аналіз продукції вітчизняних виробників лічильників електроенергії.....	18
1.4 Узагальнена структурна схема АСКОВЕ комунально-побутових споживачів	20
1.5 Аналітичний огляд вітчизняних та закордонних АСКОВЕ	23
1.5.1. Аналітичний огляд закордонних АСКОВЕ побутових споживачів	23
1.5.2. Аналітичний огляд вітчизняних АСКОВЕ побутових споживачів	26
1.6 Огляд існуючих автоматизованих систем управління та моніторингу об'єктів електроенергетики	29
1.7 Сучасні тенденції розвитку інтелектуальних електричних мереж	32
Висновки до розділу	35
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ	
ТА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ КОМУНАЛЬНО-	
ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ.....	37
2.1 Дослідження функцій сучасних Smart-лічильників	37
2.2 Методологія управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів	41

2.2.1. Системний підхід до управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів.....	41
2.2.2. Сценарний аналіз управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів.....	43
2.3 Аналіз методів прогнозування електроспоживання комунально-побутових споживачів	44
2.4 Статистичні методи розробки системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів.....	49
Висновки до розділу	54
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ	55
3.1 Узагальнена характеристика об'єкта впровадження системи управління та моніторингу енергоспоживанням	56
3.2 Загальна характеристика споживачів електроенергії комунально-побутового об'єкту.....	57
3.3 Система обліку електроенергії житлового комплексу	59
3.4 Розрахунок вартості АСКОЄ житлового комплексу	67
Висновки до розділу	72
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	73
4.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників.....	73
4.2 Заходи із забезпечення електробезпеки персоналу	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83

ВСТУП

Актуальність теми. Останнім часом різке подорожчання енергоносіїв спричинило критичні зміни у ставленні до контролю за використанням енергії в промисловості, енергомістких галузях та житлово-комунальному господарстві. Організаційні засади та інфраструктура цієї сфери були закладені ще за часів планової економіки, і з того часу фактично не зазнали істотної модернізації.

У глобальній системі контролю використання енергоресурсів спостерігаються надмірні втрати енергії. Основні складові цих втрат включають:

- втрати внаслідок крадіжок енергоносіїв, особливо газу та електроенергії. Це досить поширене в Україні незаконне підключення до мереж.

- неефективне використання застарілого енергоємного обладнання, яке потребує термінової модернізації.

- низьку енергоефективність та негосподарність, що призводить до надмірних витрат енергоресурсів та високої енергоємності ВВП.

Необхідно кардинально реформувати та модернізувати систему обліку та контролю за використанням енергоресурсів в усіх сферах економіки, а також стимулювати підприємства та населення до енергозбереження та енергоефективності.

Після переходу економіки України до ринкових умов господарювання, особливо гостро постало питання забезпечення об'єктивного та точного обліку електроенергії на всіх етапах - від виробництва до транспортування і кінцевого споживання.

У економічно розвинених країнах з ринковою системою енергоресурси розглядаються як звичайний товар, що є об'єктом комерційних відносин та підлягає дії загальних правил фінансового і бухгалтерського обліку стосовно

його кількості та якості. Комерційний облік паливно-енергетичних ресурсів є невід'ємною складовою, що базується на принципах ринкової економіки і визначає потребу у відповідному технічному забезпеченні моніторингу.

В Україні теж необхідно забезпечити перехід від застарілої системи обліку енергоресурсів до сучасної автоматизованої системи комерційного обліку із задіянням інформаційних технологій. Це дозволить уникнути втрат та нецільового використання енергоносіїв, стимулюватиме як виробників, так і споживачів електроенергії до раціонального її використання.

Контроль охоплює всі етапи виробництва та використання енергоресурсів, проте комерційний облік застосовується виключно у сфері ринкового обігу. Він регулює відносини між постачальниками й споживачами енергоносіїв (суб'єктами господарювання чи фізичними особами).

Внутрішній, або технологічний облік енергоресурсів базується на виробничих процесах підприємств-учасників енергоринку і досі залишається прерогативою лише цих підприємств.

Ще у 2000 році, тобто понад 20 років тому, було прийняте рішення про створення та впровадження галузевої програми і концепції розвитку автоматизованих систем обліку та контролю електроенергії в умовах функціонування в Україні оптового ринку електроенергії.

Проте на жаль ця програма впроваджувалась досить повільно через брак фінансування та опору окремих зацікавлених сторін. І досі в Україні залишається недостатньо розвинута система комерційного обліку електроенергії, а застаріле обладнання не дозволяє ефективно контролювати виробництво, передачу та розподіл енергоресурсів. Тому потрібно прискорити реформу енергетичного сектору і якнайшвидше запровадити сучасні системи обліку на всіх рівнях.

Впровадження автоматизованих систем контролю в різних сферах діяльності дає змогу здійснювати точний, об'єктивний і оперативний

моніторинг використання енергоресурсів. Це підвищує точність обліку, зменшує втрати та витрати на паливно-енергетичні ресурси.

Важливим завданням стратегічного управління енергосистемами є прогнозування графіків електричного навантаження на певний період. На основі прогнозних даних визначають кількість і потужність генеруючих джерел, що працюватимуть в базовому та піковому режимах, склад основного технологічного обладнання, параметри типових режимів тощо. Завдяки прогнозуванню попиту описують оптимальні режими функціонування енергосистеми, обирають необхідне устаткування, розподіляють резерви, планують ремонтні роботи. Отже, прогноз електроспоживання є базовим елементом прийняття рішень з оперативного керування електроенергетичними системами та планування їх роботи. Короткострокове й оперативне прогнозування графіків навантаження наразі є одним з найбільш важливих напрямків досліджень в електроенергетиці.

Отже, розвиток систем моніторингу та прогнозування електроспоживання сприятиме підвищенню надійності функціонування ОЕС України та ефективності планування її роботи в умовах ринку електроенергії.

Мета і задачі роботи. Метою роботи є проектування системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів

Досягнення поставленої мети реалізується шляхом вирішення таких задач:

1. Здійснити аналітичний огляд існуючих систем управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів
2. Провести аналіз методів розроблення систем управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів
3. Провести розробку автоматизованої системи управління та моніторингу енергоспоживання комунально-побутових споживачів на прикладі житлового комплексу.

Об’єкт дослідження – автоматизовані системи обліку електроенергії комунально-побутових об’єктів.

Предмет дослідження – автоматизована система обліку електроенергії житлового комплексу на основі smart-лічильників.

Методи досліджень. Вирішення поставлених в роботі задач роботи відбувалося шляхом застосування методів теорії електричних кіл, сценарного аналізу управління процесом моніторингу електроспоживання.

Наукова цінність роботи полягає у обґрунтуванні доцільності застосування системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів на базі smart-лічильників.

Практична цінність полягає у розробці конкретних технічних рішень для системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів. Отримані в роботі результати можуть бути використані при проектуванні систем управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів, а саме – житлових комплексів.

Структура роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи складає 85 сторінок. Основна частина викладена на 75 сторінках друкованого тексту, містить 21 рисунок та 3 таблиці. Список використаних джерел містить 18 джерел та викладений на 3 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

1.1 Аналіз електроспоживання комунально-побутових споживачів

Останнім часом в Україні спостерігається низка проблем у сфері енергетики. З запровадженням ринку електроенергії постала потреба у точному обліку та моніторингу. Хоча промислові підприємства більш-менш контрольовані, проте побутові споживачі, на яких припадає 30% ринку електроенергії, фактично залишаються поза контролем. Це породжує проблему обліку та моніторингу їх споживання.

Протягом останніх років стрімке зростання тарифів на електроенергію кардинально змінило ставлення до організації обліку у побутового споживача. З часів планової економіки і донині принципи а також інфраструктура сфери обліку енергоносіїв лишилися практично без змін. Застарілі системи обліку, поширені на ринку до 2000-х років, призводили до істотних втрат електроенергії. Основні втрати становили викрадення електроенергії, неефективне використання обладнання та розрахунки через застарілу систему тарифів, дотацій і субсидій за рахунок державних установ.

Для вирішення цих проблем необхідно впровадити сучасні системи обліку і моніторингу електроспоживання, зокрема "розумні" лічильники, автоматизовані системи збору й аналізу даних. Також важливо стимулювати раціональне використання електроенергії шляхом тарифікації за часом доби, переходу на альтернативні джерела енергії. Лише комплексний підхід дозволить модернізувати інфраструктуру обліку і споживання енергії в Україні.

Станом на сьогодні в Україні налічується понад 15 мільйонів однофазних та 1,3 мільйона трифазних лічильників електроенергії для побутових та сільських споживачів. Проте лише близько 4% з них підключені до автоматизованих систем контролю та обліку електроспоживання (АСКОЕ).

На даний час актуальним є підхід автоматизації систем обліку енергоспоживання в побутовому секторі з використанням сенсорних мереж. Така система надає розширені можливості щодо розподіленого збору даних про споживання енергії, бездротової передачі інформації, віддаленого доступу до результатів вимірювань з розмежуванням прав користувачів, а також аналітичні інструменти.

Автоматизація обліку енергоспоживання в побутовому секторі на основі новітніх технологій дозволить розробити інформаційну інфраструктуру збору даних. Це забезпечить прозорість використання енергії, централізоване накопичення та опрацювання даних про енергоспоживання і втрати, виявлення нераціональних витрат енергоресурсів. Крім того, можливою стане ідентифікація технічно обґрунтованого рівня споживання, а також прогнозування та нормування енерговикористання для різних категорій споживачів.

Проведемо аналіз електроспоживання типового комунально-побутового споживача. В табл.1.1 наведено Приблизний перелік споживачів електроенергії на одну квартиру багатоквартирного будинку наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Встановлена потужність електроприладів комунально-побутового споживача

№ з/п	Тип електроприймача	Встановлена потужність електроприймача, Вт
1	Освітлення	200-300
2	Електрична плита	2000
3	Мікрохвильова піч	1000
4	Кухонний комбайн	2000
5	Пилосос	1000
6	Персональний комп'ютер	500
7	Пральна машина-автомат	2000
8	Електрочайник	2000
9	Кавоварка	1000
10	Праска	2000
11	Холодильник	1000
12	Телевізор	500
13	Посудомийна машина	2000
14	Сушка для одягу	2000

На рис 1.1. наведено орієнтовний добовий графік навантаження одного комунально-побутового споживача.

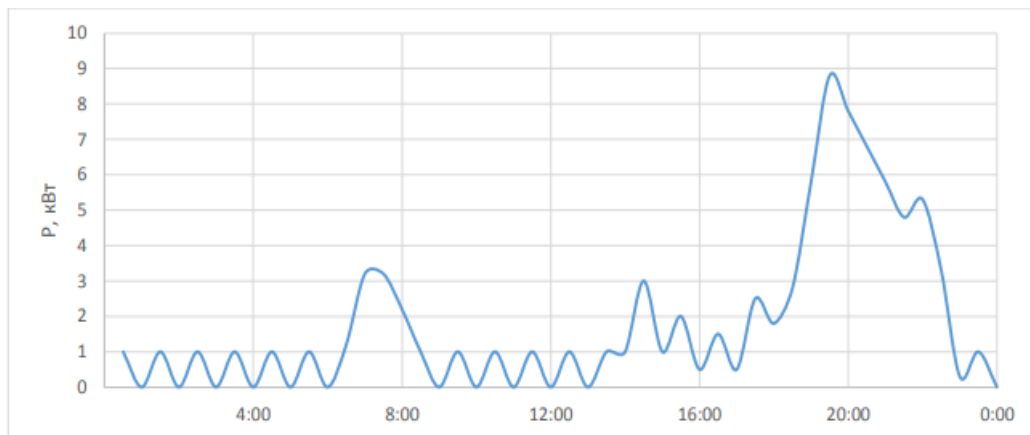


Рис. 1.1. Добовий графік споживання електроенергії квартири

Провівши аналіз графіку, що наведено на рис. 1.1 можна зробити висновок, що пікове (найбільше) споживання спостерігається в ранкові та вечірні години, а зниження рівня споживання електроенергії спостерігається в денні та нічні години доби.

Для проведення передачі даних та здійснення добового прогнозування електроспоживання необхідно застосовувати сучасні Smart-лічильники.

1.2 Історія розробки сучасних Smart-лічильників електроенергії

Лічильник електроенергії (інші назви - вимірювач чи електролічильник) - це електричний прилад для вимірювання та контролю обсягів спожитої електроенергії змінного або постійного струму.

Першим таким пристроєм був апарат для обліку годин роботи лампи, створений американцем Самюелем Гардінером у 1872 році. Цей лічильник проводив фіксацію часу, протягом якого подавалася електроенергія до точки підключення. Всі лампи, приєднані до цього лічильника, керувалися одним вимикачем. Проте після появи і поширення ламп розжарювання Едісона стали застосовувати окремі електричні кола для освітлення, і подібний лічильник втратив актуальність.

Наприкінці 19 століття, у 1894 році, американський винахідник Олівер Шелленбергер створив перший індукційний лічильник ват-годин на замовлення компанії Westinghouse. У цьому пристрої датчики напруги і струму були розташовані на протилежних сторонах диска, який обертався. Щоб уповільнити обертання, використовувалися два постійних магніти.

Перший зразок відзначався великими габаритами і вагою близько 19 кг. Він мав барабан з лічильним механізмом для підрахунку кількості обертів диска, пропорційної величині спожитої електроенергії. Незважаючи на громіздкість, це був важливий крок у розвитку обліку електроспоживання,

оскільки такий індукційний лічильник забезпечував більш точний та надійний підрахунок витраченої енергії.

У наступні десятиліття винахідники значно покращили конструкцію та характеристики індукційних лічильників завдяки таким нововведенням:

- Зменшили габарити та вагу пристроїв, що дозволило спростити монтаж та обслуговування.
- Розширили діапазон вимірюваних потужностей і струмів, підвищивши універсальність застосування.
- Запровадили компенсацію впливу коливань напруги, струму навантаження та температури для більшої точності.
- Усунули механічне тертя в кінематичному ланцюзі шляхом заміни деталей на магнітні підвіси.
- Підвищили надійність і термін служби завдяки вдосконаленню електромагнітних гальм та вилученню мастила з вузлів лічильного механізму.

Загалом ці удосконалення дозволили зробити індукційні лічильники компактнішими, точнішими, надійнішими та функціональнішими. На їх основі було створено сучасне покоління цифрових електронних лічильників з розширеними можливостями обліку, моніторингу і керування електроспоживанням.

Через кілька років з'явилися трифазні індукційні лічильники електроенергії. Вони мали дві або три системи вимірювання, розміщені на одному, 2-х або 3-х дисках відповідно.

Принцип роботи таких лічильників базується на взаємодії магнітного поля котушки струму з вихровими струмами, наведеними в алюмінієвому диску. Вісь диска з'єднана з лічильним механізмом, який здійснює вимірювання частоти його обертання. Ця частота пропорційна потужності навантаження. Кількість обертів диска, у свою чергу, пропорційна кількості електроенергії, що пройшла через лічильник.

Отже, трифазні індукційні лічильники дозволили розширити сферу застосування таких приладів обліку на потужні трифазні мережі промислового та побутового призначення. Їх робота ґрунтується на тих самих фізичних принципах взаємодії магнітних полів, що й в однофазних лічильниках. Завдяки цьому вдалося забезпечити високу точність та надійність обліку електроенергії в трифазних мережах.

Надалі конструкція лічильників удосконалювалась у напрямку зменшення розмірів, підвищення точності, розширення функціоналу.

Проведемо порівняльний аналіз індукційних, електронних та Smart-лічильників визначивши їх основні переваги і недоліки.

Індукційні лічильники:

- працюють на принципі електромагнітної індукції;
- менш точні в порівнянні з електронними;
- потребують регулярної повірки;
- дешеві у виготовленні;
- не мають додаткових "розумних" функцій.

Електронні лічильники:

- використовують електронні схеми для вимірювання споживання;
- значно точніші за індукційні;
- мають вбудовані функції обліку та захисту;
- дорожчі за індукційні;
- можуть передавати дані по радіоканалах;

Smart-лічильники:

- містять вбудовані комунікаційні модулі та процесори;
- дозволяють дистанційно знімати показання та керувати обліком;
- можуть інтегруватися в "розумні" системи обліку та управління;
- ще точніші та функціональніші за звичайні електронні лічильники;
- найдорожчі у виробництві.

Отже, smart-лічильники найбільш технологічні та функціональні, але й найдорожчі. Індукційні лічильники прості та дешеві, але менш точні. Електронні лічильники є компромісним рішенням між ціною та функціональністю.

1.3 Аналіз продукції вітчизняних виробників лічильників електроенергії

ТОВ "НІК" та Teletec є провідними вітчизняними виробниками лічильників електроенергії в Україні.

ТОВ "НІК" - один з найбільших в Східній Європі виробників вимірювальних приладів та автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Компанія має потужності для повного циклу виробництва лічильників - від розробки та проектування до випуску готової продукції.

Основні напрямки діяльності ТОВ "НІК":

- енергетичний ринок (лічильники електроенергії) ;
- муніципальний сектор (облік тепла, води, газу);
- видобувні галузі (нафтогазова сфера, металургія);
- комунальна сфера (управління відходами).

Тобто компанія універсальна, має значний досвід та експертизу у виробництві засобів вимірювань для різних галузей промисловості та житлово-комунального сектору. Це робить "НІК" провідним гравцем на українському ринку приладів обліку та контролю (рис 1.2).

ТОВ "НІК" є потужним виробником приладів обліку енергоресурсів з багаторічним досвідом роботи в цій галузі:

- виробляє smart-лічильники електроенергії вже більше 5 років;
- на підприємстві працює понад 500 співробітників - інженери, програмісти, розробники;

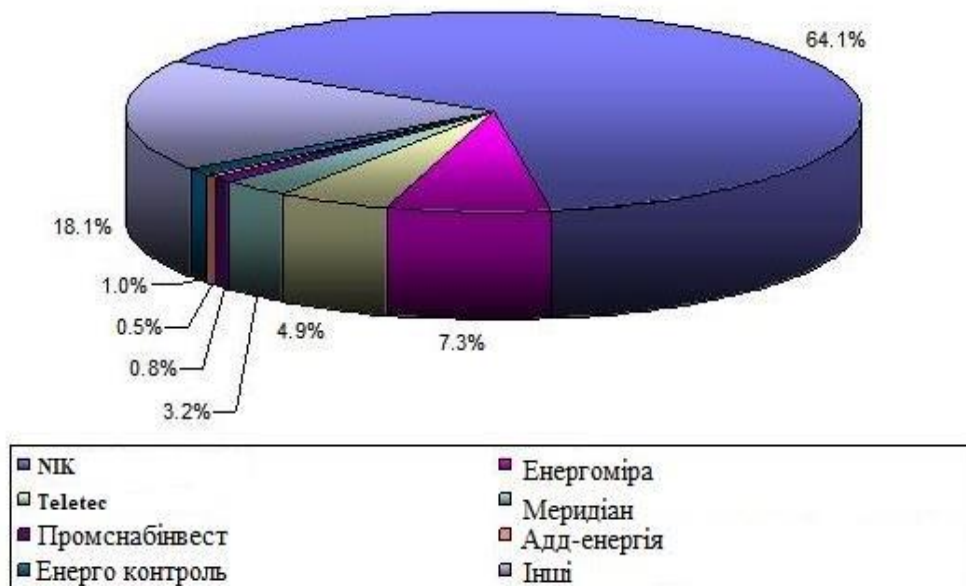


Рис 1.2. Структура ринку лічильників електроенергії в Україні

- персонал має високу кваліфікацію та профільну освіту;
- компанія сертифікована за міжнародними стандартами якості ISO 9001 та ISO 14001.

ТОВ "НІК" - це сучасне високотехнологічне виробництво з повним циклом робіт зі створення інтелектуальних систем обліку енергоресурсів. За рахунок власних розробок та кваліфікованого персоналу компанія забезпечує високу якість та надійність своїх smart-лічильників. Сертифікати ISO підтверджують відповідність її продукції світовим стандартам.

Ви маєте рацію, що зростання населення та обмеженість ресурсів роблять контроль та раціональне використання енергії все більш актуальним.

Автоматизовані системи комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ) є дієвим інструментом для вирішення цих завдань.

Вони дозволяють:

- отримувати точні дані про споживання з лічильників;
- аналізувати і контролювати використання енергії;
- виявляти і попереджати крадіжки та втрати;
- знижувати витрати енергопостачальних компаній.

ТОВ "НІК" розробляє саме такі smart-системи обліку під назвою NovaSyS на базі інтелектуальних лічильників, контролерів та програмного забезпечення власного виробництва. Можна з упевненістю стверджувати, що АСКОЕ від НІК - це надійний інструмент контролю споживання і збереження ресурсів, що допомагає вирішувати одну з головних проблем сучасності.

ТОВ "Телекомунікаційні технології" (ТМ Teletec) є ще одним провідним українським виробником засобів обліку електроенергії.

Ключові факти про компанію Teletec:

- продукція експортується більш ніж в 100 країн світу;
- виробляє інтелектуальні (smart) лічильники електроенергії;
- лічильники мають функції багатотарифного обліку, керування навантаженням;
- випускає пристрої збору і передачі даних для АСКОЕ;
- обладнання інтегрується в автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії.

Отже, продукція ТМ Teletec також є сучасною і функціональною, що дозволяє будувати на її основі "розумні" АСКОЕ та системи "Інтелектуальний будинок". Це ще один гідний представник українського виробництва засобів обліку електроенергії.

1.4 Узагальнена структурна схема АСКОЕ комунально-побутових споживачів

Вирішення проблем обліку електроенергії вимагає застосування автоматизованих систем, в структурі яких можна виділити чотири рівні (рис. 1.3):

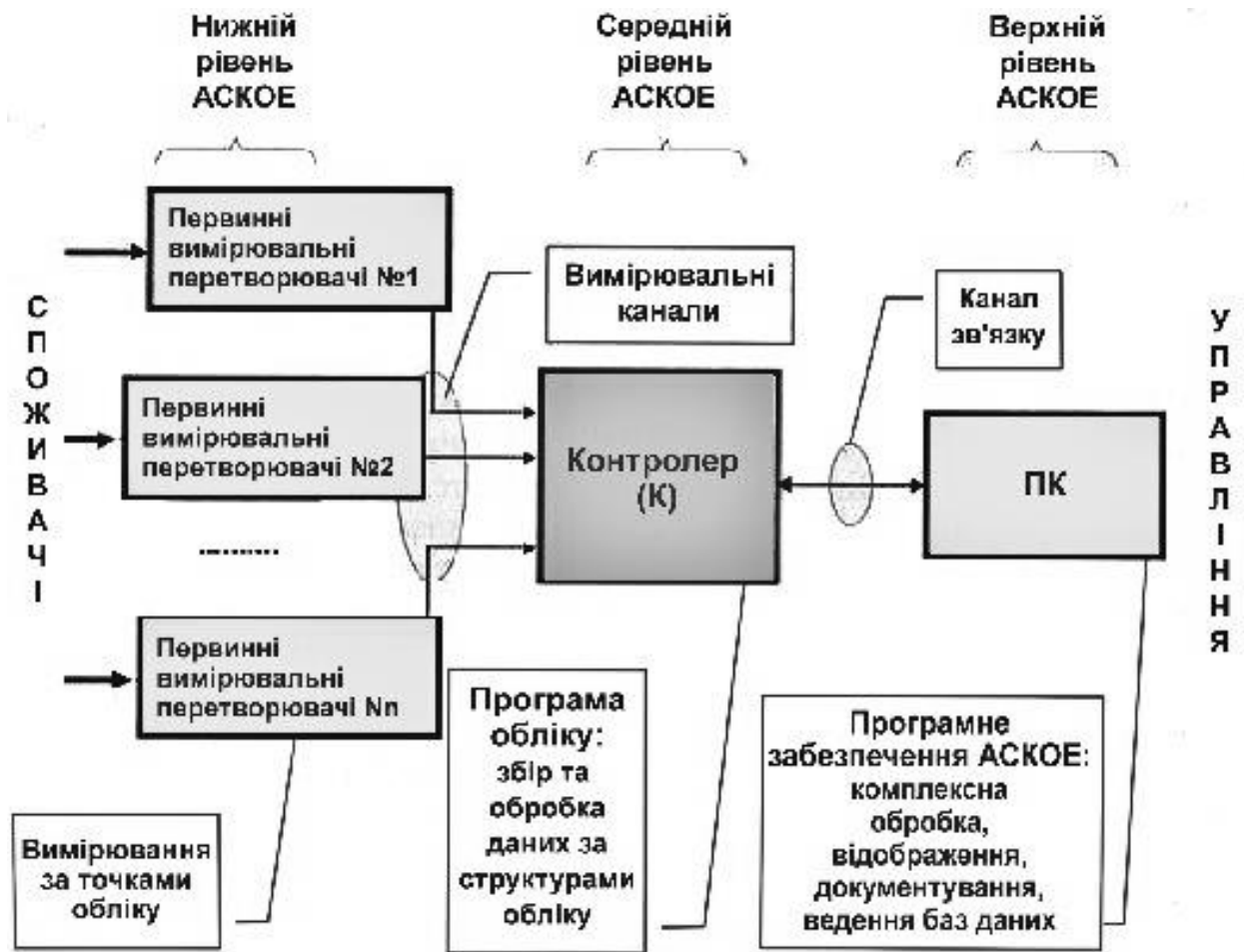


Рис. 1.3. Структурна схема АСКОЕ

1. Первинні лічильники електроенергії з цифровими чи телеметричними виходами для вимірювання параметрів енергоспоживання в точках обліку.

2. Пристрої збору та передачі даних, а також спеціальні вимірювально-облікові системи з вбудованим ПЗ. Вони виконують усереднення, обробку даних та передачу на вищі рівні системи.

3. Персональні комп'ютери для накопичення, зберігання та обробки даних енергоспоживання за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

4. Центральні сервери для збору й узагальнення даних, розподілу інформації за групами споживачів, формування розрахункових документів для оплати використаної електроенергії.

Така багаторівнева архітектура дозволяє комплексно вирішувати завдання обліку, моніторингу та управління електроспоживанням.

На рис. 1.4 наведено структурну схему АСКОЕ об'єкта електроспоживання.

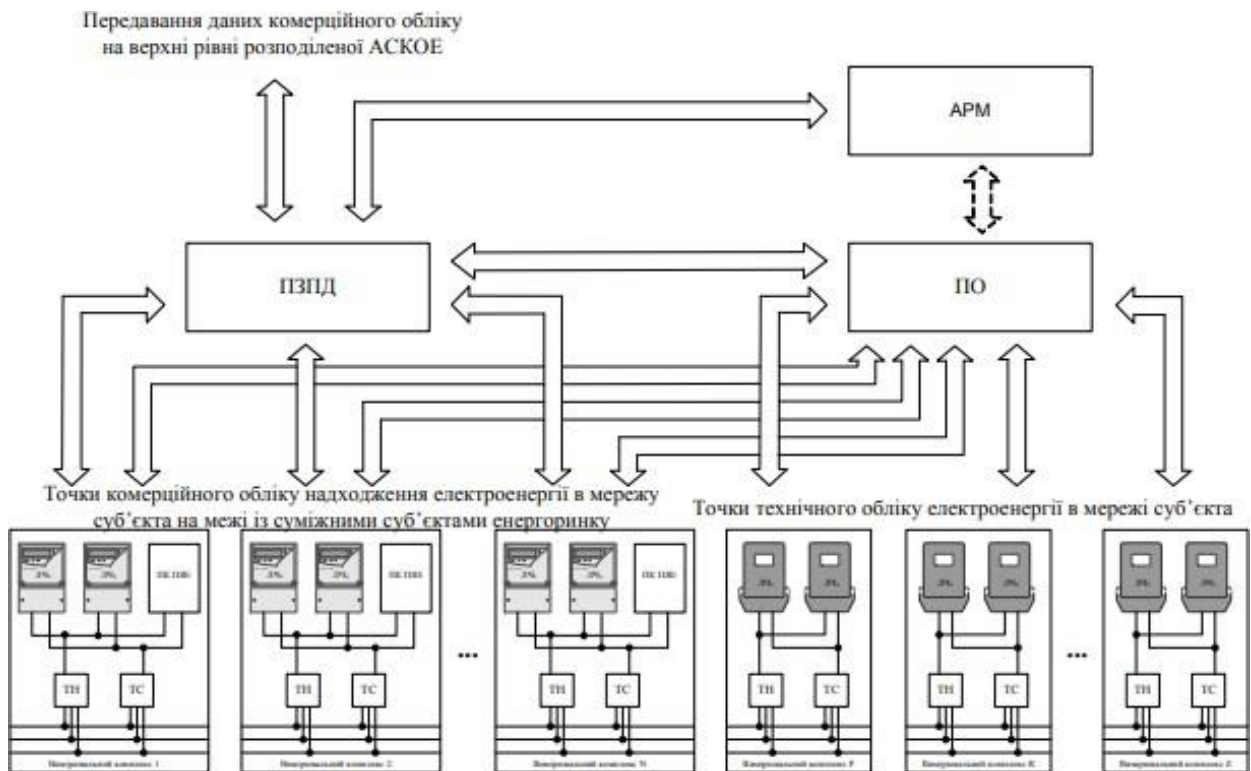


Рис.1.4 Узагальнена схема АСКОЕ об'єкта.

Автоматизована система обліку електроенергії повинна забезпечувати налаштування та розширену діагностику з відображенням даних на сервері та локально на дисплеї.

Пристрої збору і передачі даних (ПЗПД) виконують завдання збору показань з лічильників, їх обробку, збереження та передачу на верхній рівень системи.

Опитування даних може здійснюватися безпосередньо через ПЗПД або шляхом використання бездротових каналів зв'язку. Можлива також передача за допомогою GSM-модемів по виділених чи комутованих телефонних

лініях, радіомодемів тощо. Підключення лічильників по Ethernet виконується через шлюзи TCP/IP-COM.

Така гнучкість у виборі каналів передачі даних дозволяє враховувати особливості кожного об'єкта та інфраструктури для побудови надійної АСКОЕ.

1.5 Аналітичний огляд вітчизняних та закордонних АСКОЕ

1.5.1. Аналітичний огляд закордонних АСКОЕ побутових споживачів. проблеми енергопостачальних компаній вирішуються шляхом впровадження автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) для побутових споживачів.

У світовій практиці такі системи позначають аббревіатурою AMR (Automatic Meter Reading) – система автоматичного зчитування даних з лічильників. Провідні виробники приладів обліку працювали над створенням недорогих, надійних і зручних у використанні AMR-систем саме для побутового сектору. При цьому враховувалися два основні пріоритети: система має окупатися за прийнятний термін та забезпечувати стабільне довготривале функціонування.

На теперішній час такі AMR-системи успішно створені, випускаються серійно та застосовуються в багатьох країнах для автоматизації процесів обліку і моніторингу побутового електроспоживання.

Одним із найбільш поширених варіантів зв'язку в AMR-системах у світі є радіоканал. Іншим популярним рішенням є технологія PLC (Power Line Communication) - передача даних по мережі низької напруги. Широке застосування PLC пояснюється тим, що для роботи AMR-системи потрібне покриття практично 100% об'єктів обліку. У багатьох випадках єдиним наявним каналом зв'язку з кожним будинком є електромережа.

Тому радіоканал та технологія PLC найчастіше обираються для побудови систем автоматизованого збору і передачі даних комерційного обліку електроенергії. Вони дозволяють забезпечити зв'язок з лічильниками більшості споживачів за доступну вартість та без потреби в додатковому обладнанні.

Застосування технології PLC в AMR-системах комерційного обліку електроенергії дає такі переваги:

- дозволяє зберегти встановлені в абонентів недорогі одностарифні або індукційні лічильники шляхом дооснащення їх адаптерами імпульсів та підключення по силовій мережі до загальних контролерів;
- надає можливість гнучкої зміни тарифних систем без проведення монтажних робіт у абонента - потрібні лише налаштування ПЗ контролерів;
- дозволяє швидко зчитувати дані з лічильників у багатоквартирних будинках віддалено, без відвідування приміщень;
- сприяє виявленню несанкціонованого відбору електроенергії та дистанційного відключення неплатників.

Отже, PLC-технологія оптимізує процеси обліку, контролю та управління електроспоживанням в побутовому секторі.

Системи з передачею даних по електромережі (PLC) є багатофункціональними. Окрім основного завдання - збору і обробки інформації про споживання електроенергії, вони можуть поширюватися і на облік витрат газу, тепла, гарячої та холодної води.

Крім того, такі системи легко розширити додатковими можливостями, наприклад, підключенням охоронно-пожежної сигналізації. Завдяки цим перевагам підвищується ефективність і термін окупності впровадження PLC-технології для автоматизації обліку енергоресурсів та інших потреб у багатоквартирних будинках та котеджних містечках. Тому PLC-системи

набувають все більшого поширення для комплексної автоматизації комунального господарства.

Система дистанційного збору даних і управління енергоспоживанням «EnergyWEB-XB» є яскравим прикладом ефективного застосування технології "розумних" лічильників у побутовому секторі.

В цій системі лічильники електроенергії передають дані та приймають керуючі сигнали по каналах кабельного або мобільного інтернету. Це дає змогу енергопостачальним компаніям віддалено взаємодіяти зі споживачами, впроваджувати програми енергоменеджменту, надавати додаткові сервіси.

Дворівнева архітектура дозволяє підключати до центрального сервера практично необмежену кількість абонентів з інтелектуальними лічильниками та здійснювати збір, обробку і аналіз даних їх електроспоживання в режимі реального часу. Такі системи відкривають нові можливості для автоматизації енергогосподарства в побутовому секторі.

У системі «EnergyWEB-XB» файл-сервер виконує функції централізованого управління, забезпечуючи двосторонній обмін даними з лічильниками:

- збір показань лічильників;
- передача керуючих команд.

Моніторинг та управління системою можливі з будь-якого пристрою, що має вихід до Інтернету та веб-браузер.

Архітектура системи побудована за дворівневим принципом:

1 рівень – інтелектуальні лічильники в абонентів;

2 рівень – центральний файл-сервер збору, обробки даних та управління.

Така побудова дозволяє масштабувати систему до великих обсягів обліку та керування електроспоживанням у житлово-комунальному секторі.

1.5.2. Аналітичний огляд вітчизняних АСКОЕ побутових споживачів. В Україні існує близько 10 розробок АСКОЕ для побутового сектору на базі технології PLC. Їх практичне застосування у пілотних проектах підтвердило працездатність, ефективність у покращенні збору платежів за електроенергію.

З огляду на поточні тарифи, такі системи окуповуються приблизно за 3-4 роки за умови, що вартість на точку обліку не перевищує 75-100 доларів США. Це співставно з витратами на впровадження двотарифного обліку з "розумними" лічильниками.

Водночас, наявні системи мають недоліки: вони є закритими, з обмеженим функціоналом і базуються лише на PLC. Натомість відкриті АСКОЕ з ширшими можливостями, що поєднують PLC та інші технології, легше інтегрувати в автоматизовані системи управління житлово-комунальною сферою. Це забезпечує їх зростаючу популярність.

Типовий склад автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) для побутового сектору включає:

- "Розумні" лічильники електроенергії з функцією реєстрації проміжних показань у вбудованій пам'яті для забезпечення синхронізації даних.
- багатоканальні електромодеми з інтерфейсним модулем та контролером - для зчитування, збереження і передачі даних з лічильників електромережею.
- локальні концентратори збору даних з усіх лічильників. Вони дають можливість керування роботою електромодемів, накопичення та передачі даних у центральну диспетчерську.
- центральний сервер для обробки показань лічильників, розрахунку платежів, врахування статусу споживачів, підтримки багатотарифності та формування рахунків.

Така побудова АСКОЕ дозволяє автоматизувати процеси обліку та розрахунків за електроспоживання у житловому фонді.

Вихідний сигнал лічильника електричної енергії під'єднано за допомогою кабелю передачі даних до входу модуля інтерфейсу багатоканального електронного модему, вбудованого в розподільний щит. В таких пристроях телеметричні дані поєднуються, а показники прив'язуються до певного часу та зберігаються в незалежній пам'яті. Виконання процедур відбувається згідно із зовнішньою програмою.

Додатково, електромережеві модеми можуть підтримувати різні протоколи обміну даними, такі як PLC G3, PRIME, G3-PLC та інші. Це дозволяє інтегрувати їх в існуючі системи обліку електроенергії.

Щоб передати інформацію до автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), початкові телеметричні дані попередньо перетворюються в електронні сигнальні повідомлення (ЕСП) електромережевим модемом. Такий формат дозволяє забезпечити їх передачу електричними мережами без викривлень або втрат.

Локальний блок збору та передачі даних (ЛБЗПД) - це автономний пристрій, що містить декілька модулів для отримання та відправлення інформації. Він під'єднується до кожної з трьох фаз силового електропроводу за допомогою вбудованих електронних сигнальних повідомлень. ЛБЗПД встановлюється в трансформаторній підстанції або на вході в будівлю.

Через послідовний інтерфейс ЛБЗПД та телефонний модем забезпечується передача даних по виділеній або комутируваній лінії на комп'ютер центру диспетчеризації. Для децентралізованих систем процес зчитування первинної інформації з ЛБЗПД проводиться за допомогою мобільного носія, наприклад ноутбука, що під'єднується безпосередньо. Один ЛБЗПД здатний обслуговувати до 2048 лічильників електроенергії

Центр диспетчеризації являє собою апаратно-програмний комплекс для реєстрації, опрацювання та візуалізації інформації про обсяг спожитих ресурсів.

Програмне забезпечення центру диспетчеризації логічно поділяється на 2 умовні частини, які взаємопов'язані між собою:

1. Оперативний зв'язок з локальними блоками збору та передачі даних.
2. Обробка зібраної інформації.

Уся необхідна для роботи програми інформація, а також дані, що призначені для передачі в локальні блоки, зберігається в базі даних центру диспетчеризації.

Додатково, програмне забезпечення центру диспетчеризації може включати модулі формування звітності, візуалізації даних, а також експорту отриманої інформації в інші системи обліку та аналітики.

При обробці вхідних даних програмне забезпечення центру диспетчеризації виконує такі завдання:

- формування рахунків для абонентів;
- друк рахунків для кожного споживача;
- підтвердження обґрунтованості нарахованих сум;
- підбиття підсумків по групах користувачів;
- створення аналітичних звітів про споживання за поточний, минулий та загальний періоди.

Для захисту метрологічних характеристик системи від несанкціонованих втручань сторонніми особами, реалізовано шифрування даних та багатоступеневий доступ до файлів.

Загалом впровадження таких систем в побутовому секторі здебільшого знижує витрати електроенергії та дозволяє заощадити значні матеріальні ресурси.

1.6 Огляд існуючих автоматизованих систем управління та моніторингу об'єктів електроенергетики

Енергосистема складається з електричних мереж, які забезпечують живлення споживачів електроенергії. Ці мережі об'єднують схожі процеси виробництва, транспортування, розподілу та використання електроенергії.

Автоматизація є невід'ємною частиною сучасної енергосистеми. Вона передбачає оснащення окремими системами та пристроями для керування виробництвом, передачею і розподілом електроенергії як у звичайних, так і в аварійних ситуаціях без участі людини. Рівень автоматизації вкрай важливий для надійного функціонування всієї енергосистеми.

Сучасні автоматизовані системи керування енергосистемою здатні в режимі реального часу збирати дані з усього ланцюжка - від генерації до споживання електроенергії. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни режимів роботи, попереджувати аварійні ситуації, оптимізувати розподіл потужностей. Застосування штучного інтелекту відкриває додаткові можливості для аналізу величезних масивів даних і прийняття ефективних рішень в складних умовах.

Електроенергія вкрай важлива для всіх сфер життя, тому надійна робота енергосистеми є запорукою нормального функціонування суспільства.

Автоматизація відіграє тут ключову роль, адже саме завдяки їй можлива швидка реакція на збої та попередження аварій. Відмова автоматики призведе до ланцюгової реакції та може спричинити значні негативні наслідки в різних сферах.

Автоматизація енергосистеми охоплює цілий комплекс важливих завдань: моніторинг параметрів роботи обладнання, оптимізацію режимів, попередження перевантажень, локалізацію та ліквідацію аварійних ситуацій. Успішне вирішення всіх цих задач можливе лише за умови надійного,

безвідмовного функціонування автоматики. Тож питання її вдосконалення залишається актуальним і потребує постійної уваги фахівців галузі.

Головні задачі автоматизації електроенергетичних об'єктів приведені на рис. 1.5 у вигляді блок-схеми.

1	Підтримка встановлених параметрів для енергосистеми
2	Забезпечення економного режиму роботи електромереж
3	Зменшення аварійності та втрат електроенергії
4	Підвищення стійкості роботи електромереж: захист від перевантажень, коротких замикань, перепадів напруги
5	Забезпечення нормального рівня напруги з врахуванням навантаження на обладнання
6	Зниження витрат на ремонт енергетичного обладнання

Рис. 1.5 – Головні задачі автоматизації управління електроенергетичними об'єктами

Сучасні технології докорінно змінюють енергетичну галузь. Концепція «розумних» мереж та цифровізація енергосистем відкривають нові можливості.

Впровадження інтелектуальних систем обліку, автоматизованих підстанцій, засобів дистанційного моніторингу та контролю дає змогу підвищити надійність постачання електроенергії, оптимізувати витрати її виробництва та розподілу, поліпшити якість обслуговування клієнтів.

Зокрема, автоматизація підстанцій значно пришвидшує реагування на збої в роботі мережі. Адаптивне релейний захист та самодіагностика дають змогу швидко локалізувати та усунути неполадки, уникаючи тривалих перерв електропостачання. Це критично важливо для забезпечення стійкості всієї енергосистеми.

Стабільність параметрів якості електроенергіїє запорукою надійної роботи усього устаткування та пристроїв.

Коливання цих показників можуть негативно впливати на продуктивність та ресурс різноманітних механізмів - від побутової техніки до промислових комплексів. Тому підтримка якості електроенергії на належному рівні є пріоритетним завданням для енергопостачальників.

Для цього також застосовуються автономні джерела електроживлення з відповідними системами автоматичного регулювання. Завдяки можливості швидкого підключення вони здатні компенсувати раптові коливання напруги в мережі, стабілізуючи якість електропостачання. Отже автоматика відіграє ключову роль на всіх рівнях енергосистеми.

Енергосистема являє собою складний комплекс взаємопов'язаних елементів. Для безперебійного функціонування такої системи необхідне централізоване управління та координація. Саме для вирішення цих завдань і створюються спеціальні диспетчерські служби.

Проте масштаби та складність сучасних енергосистем настільки великі, що людина фізично не в змозі відстежити та проаналізувати у режимі реального часу всі процеси на різних ділянках мережі. А отже, неможливо оперативно приймати необхідні рішення щодо управління.

Саме тому ключову роль відіграє автоматика. Вона забезпечує безперервний збір та аналіз даних з усієї енергосистеми, дає змогу миттєво реагувати на відхилення параметрів. Застосування новітніх алгоритмів та технологій штучного інтелекту відкриває нові можливості автоматизації складних процесів контролю та управління енергосистемою.

Поряд із системами керування та моніторингу електроенергетики, важливу роль відіграє автоматизація обліку енергоспоживання через спеціалізовані програмно-апаратні рішення. Одним з таких рішень є автоматизована система обліку та управління енерговикористанням (АСУЕ) на підприємствах.

АСУЕ являє собою програмно-технічний комплекс, що дозволяє автоматично збирати, обробляти й аналізувати інформацію про витрати та використання енергоресурсів з метою оптимізації. Тобто, це система управління енергоспоживанням, інтегрована з виробничими та інформаційними системами підприємства.

Функціонал АСУЕ може включати:

- прогнозування потреб у паливно-енергетичних ресурсах за напрямками діяльності.
- моніторинг витрат та оптимізацію споживання енергоносіїв.
- збір і аналіз даних для виявлення резервів економії.
- контроль параметрів роботи устаткування.
- підтримку своєчасного обслуговування обладнання.
- взаємодію з іншими автоматизованими системами підприємства.

Отже, АСУЕ є важливим елементом енергоменеджменту, що забезпечує мінімізацію витрат на виробництво та транспортування енергоресурсів.

Рівні взаємодії АСУЕ показані у вигляді блок-схеми на рис. 1.6.

1.7 Сучасні тенденції розвитку інтелектуальних електричних мереж

У Сполучених Штатах організація, що регулює енергетичну галузь, розробила стратегію для розвитку "розумних" енергомереж. Головна мета - створити ключові стандарти, які забезпечать сумісність інтелектуальних систем, що керують режимами енергосистеми. Також передбачено протоколи для обміну даними та гарантії високого рівня надійності.

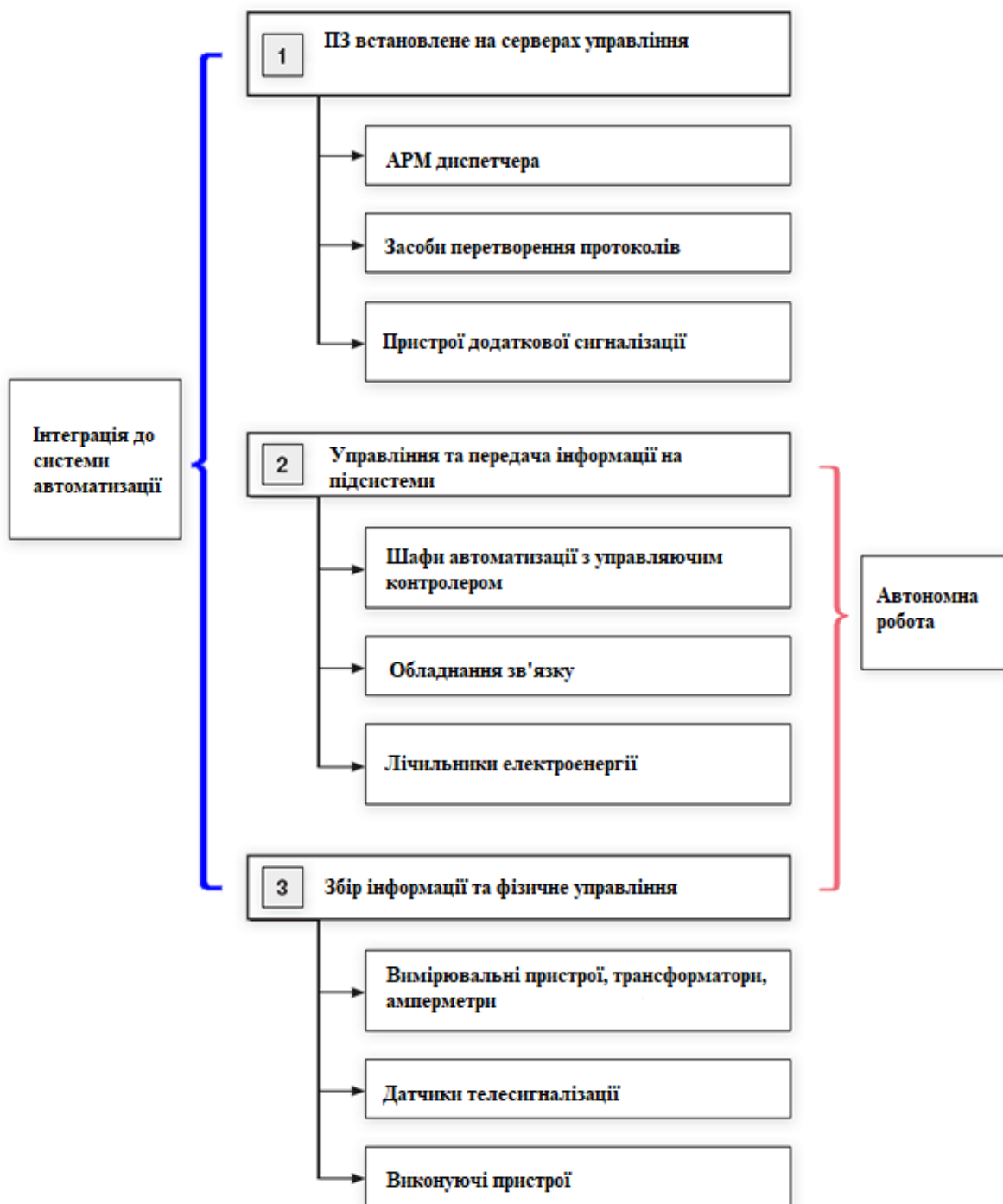


Рис. 1.6. Рівні взаємодії АСУЕ

Визначено програмні цілі та завдання подібних досліджень у США на період до 2030 року. Ними є розвиток національної технологічної інфраструктури, здатної оптимізувати операції в мережі та залучити споживачів до інтерактивного управління попитом.

Додатково відомо, що у США прийнято Zigbee стандарт як основу для побудови "розумних" мереж. Він дозволяє об'єднати в єдину мережу інтелектуальні лічильники, датчики, пристрої управління та інше обладнання. Також активно розвиваються технології накопичення енергії, щоб збільшити гнучкість та стійкість мережі.

Головними орієнтирами впровадження "розумних" енергомереж є:

- повне забезпечення контролю критичних потоків в системі, зменшення пікових навантажень та підвищення надійності електропостачання.
- підвищення на 40% ефективності використання енергоресурсів та активів енергосистеми.
- досягнення 20% частки розподіленої генерації та відновлюваних джерел енергії у загальному енергобалансі.

Такі показники демонструють бажання підвищити гнучкість, надійність та економічність енергопостачання за рахунок інтелектуалізації мережі. Крім цього, важливим є залучення нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії для декарбонізації енергосистеми та підтримки стійкого розвитку.

"Інтелектуальні" енергосистеми США здатні:

- самостійно відновлювати роботу після збоїв чи аварій.
- об'єднувати всі види генерації та накопичення енергії.
- залучати споживачів до активного регулювання споживання.
- підтримувати показники якості електроенергії на рівні стандартів.
- створювати можливості для інновацій та нових послуг.
- оптимізувати використання активів для підвищення ефективності.

Додатково, "розумні" мережі США дозволяють оперативно реагувати на зміни попиту та пропозиції, прогнозувати навантаження, виявляти місця пошкоджень, запобігати аваріям, інтегрувати електромобілі та зарядні станції

і багато іншого. Тому вони є комплексним інструментом для трансформації енергосистеми.

Системи "розумних" мереж у США розподілені за принципом збору даних з лічильників так:

- 59% складають автоматизовані системи зчитування показів з передачею по каналах зв'язку.
- 25% - це зчитування даних з електронних лічильників за допомогою портативних терміналів безпосередньо на місцях.
- 16% забезпечує дистанційне зчитування показів через стаціонарні або мобільні термінали.

Отже, переважна більшість систем має автоматичний збір даних з наступною передачею по цифрових мережах. Частково також використовується ручне зчитування і перенесення інформації до центральних баз даних. Така комбінація дозволяє охопити якомога більше точок обліку електроенергії.

Висновки до розділу

1. Автоматизована система обліку та управління енерговикористанням (АСУЕ) є важливим елементом оптимізації енергоспоживання. Функціонал АСУЕ охоплює прогнозування потреб в енергоресурсах, моніторинг їх витрат, аналіз даних для виявлення резервів економії, контроль параметрів обладнання та інші аспекти ефективного енергоменеджменту.

2. Застосування АСУЕ дозволяє мінімізувати втрати та непродуктивні витрати енергоносіїв, скоротити витрати на їх виробництво і транспортування.

3. АСУЕ інтегрується з іншими інформаційними та виробничими системами для комплексної автоматизації управління енергетичним

об'єктом. Ввпровадження АСУЕ є важливим кроком на шляху до енергоефективності промислових та комунальних підприємств.

4. Розвиток Smart Grid є стратегічним напрямком розвитку світової енергетики. "Інтелектуальні" мережі поєднують передові інформаційно-комунікаційні та енергетичні технології. Вони забезпечують широкий спектр можливостей – від моніторингу до автоматичного управління та самовідновлення.

5. Загалом концепція Smart Grid є важливим інструментом модернізації енергосистеми США для забезпечення її інноваційності, надійності, ефективності та стійкого розвитку.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

2.1 Дослідження функцій сучасних Smart-лічильників

сучасні інтелектуальні лічильники електроенергії відрізняються розширеним функціоналом порівняно зі звичайними індукційними та електромеханічними приладами обліку. Зокрема, smart-лічильники дозволяють:

- здійснювати диференційований облік спожитої електроенергії за періодами доби (ніч/день, пік/непік). Це дає змогу застосовувати гнучкі тарифи.

- об'єднувати лічильники в єдину інформаційно-облікову мережу за допомогою сучасних каналів зв'язку.

- вимірювати параметри електромережі в режимі реального часу - напругу, струм, частоту, потужність, коефіцієнт потужності тощо.

- забезпечувати контроль якості електроенергії та захист споживачів від аварійних стрибків напруги.

- автоматично повідомляти енергопостачальні компанії про можливі проблеми в роботі мережі.

- відображати інформацію про поточний стан особового рахунку, наявність заборгованості перед постачальником тощо.

Окрім цього, деякі моделі smart-лічильників дозволяють реалізувати функції "розумного будинку", зокрема керувати окремими електроприладами дистанційно чи за розкладом.

Використання смарт-лічильників надає можливість споживачам економити кошти без зміни загального обсягу електроспоживання. Це

досягається завдяки переходу на зонний облік електроенергії. Зокрема, у нічний час (з 11-ї години вечора до 7-ї години ранку) тариф на електроенергію може бути на 50% нижчим порівняно з денним. Отже, перенесення споживання на цей час дозволяє суттєво здешевити рахунок за електрику. Наприклад, у нічний період варто увімкнути роботу енергоємних побутових приладів - бойлера, електродуховки тощо.

Таким чином, завдяки гнучким тарифам та обліку за зонами доби, смарт-лічильники стимулюють формування інтелектуальних енергомереж нового покоління (так званих розумних мереж). У таких мережах як споживачі, так і постачальники електроенергії зацікавлені в оптимізації графіків навантаження (див. рис. 2.1).

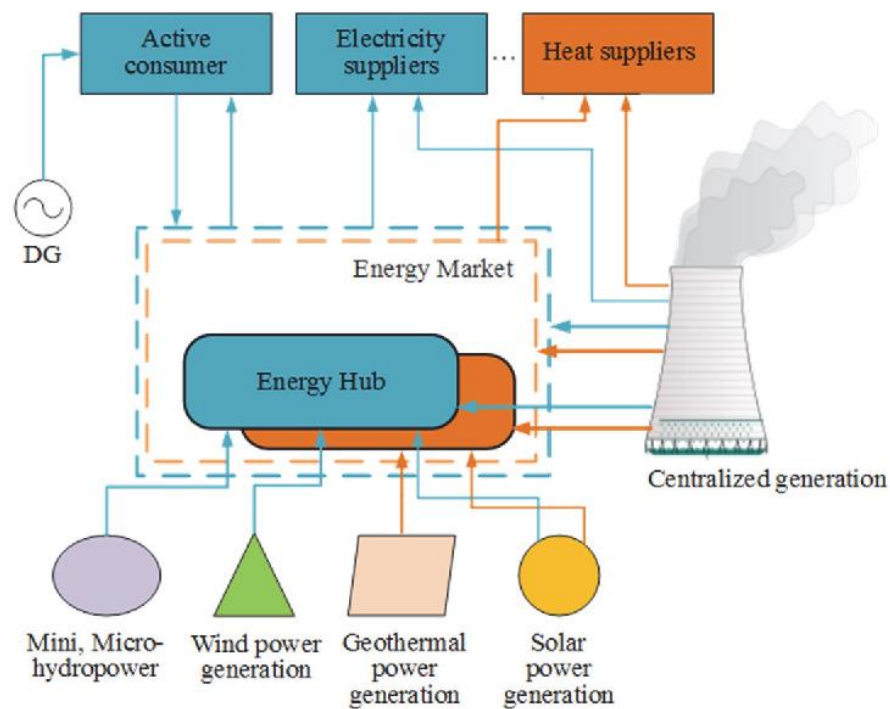


Рис. 2.1. Структура Smart Grid

Варто зазначити, що смарт-лічильники дозволяють здійснювати автоматизоване дистанційне зчитування показників. Зокрема, дані про обсяги спожитої електроенергії регулярно передаються до енергопостачальних

компаній без участі людини. На основі цих даних генеруються квитанції з інформацією про фактичне енергоспоживання за відповідний період.

Така можливість є дуже зручною для споживачів, які іноді забувають своєчасно надати показники лічильника в період з першого по п'ятечисло місяця. Адже в цьому випадку розрахунок оплати відбувається автоматично на підставі отриманих даних про реальне споживання електроенергії. Після цього споживачам достатньо перевірити відповідність зазначених у квитанції показників даним наявного в них лічильника.

Відповідно до концепції інтелектуальних енергосистем (Smart Grid), пріоритетними напрямками розвитку інформаційних технологій в енергетиці на найближчі роки є:

1. Масове впровадження на об'єктах обліку та вимірювання інтелектуальних лічильників (smart meters) з функціями дистанційного керування електроспоживанням та передачі даних за стандартизованими протоколами, у тому числі бездротовими, із дотриманням вимог кібербезпеки.

2. Оснащення великих споживачів (житлових масивів, офісних центрів, підприємств тощо) автоматизованими системами збору та обробки інформації в режимі реального часу для моніторингу параметрів енергопостачання, управління енергоспоживанням та обміну даними.

3. Побудова інтегрованих багатоканальних мереж зв'язку (ВОЛЗ, супутниковий, GPRS, ЛЕП тощо) для підключення систем вимірювання та обліку до єдиної інформаційної мережі. Кожна система має бути забезпечена резервуванням каналів зв'язку.

4. Впровадження в енергопостачальних компаніях автоматизованих систем керування виробничою діяльністю. З огляду на безперервний цикл функціонування енергопідприємств, можна виділити такі основні типи таких систем:

- системи управління технічним обслуговуванням та ремонтами обладнання;
- системи роботи на ринках електроенергії (комерційного диспетчерського управління);
- системи обслуговування клієнтів (CRM);
- системи керування виробництвом - генеруванням, передачею та розподілом, реалізацією енергії (включно з обліком споживання) та диспетчеризацією.

5. Розробка інтегрованих інтерфейсів автоматизованих систем обліку та керування виробництвом для автоматичного обміну даними між учасниками ринку електроенергії. При цьому мають бути уніфіковані протоколи обміну даними та стандарти кібербезпеки для всіх категорій гравців ринку.

Передача даних з лічильників до систем збору та обробки інформації може здійснюватися як дротовими, так і бездротовими каналами зв'язку, а також їх комбінацією. Наразі найбільш сучасним, простим та економічним рішенням є використання бездротових контролерів на базі однієї з таких технологій:

- GPRS – передача даних через звичайну SIM-картку мобільного зв'язку. Потребує постійного поповнення рахунку, а також залежить від якості покриття конкретного оператора.

- LPWAN – енергоефективна технологія передачі даних на великі відстані, але вимагає розгортання спеціальної інфраструктури базових станцій.

- Wi-Fi – оптимальне співвідношення переваг попередніх технологій. Низьке енергоспоживання дозволяє використовувати живлення від батарейок. Проста, дешева і надійна технологія передачі даних.

Отже, Wi-Fi виглядає найоптимальнішим рішенням для організації бездротового зв'язку у системах інтелектуального обліку електроенергії.

2.2 Методологія управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів

2.2.1. Системний підхід до управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів. Ефективне керування використанням електроенергії потребує комплексного розв'язання ключових завдань: розроблення та впровадження дієвої нормативної бази для керування споживанням електрики; створення й запровадження прогресивної системи тарифів на електроенергію, яка б стимулювала формування і застосування у користувачів маневрового ел. навантаження (споживачів-регуляторів електроенергії); розбудова моделей, методів і відповідного програмного забезпечення для керування режимами роботи електричних мереж, електричним навантаженням користувачів та їхнім споживанням електроенергії; створення й оснащення постачальників і споживачів електричної енергії сучасними автоматизованими системами й технічними засобами обліку та контролю за витратами електроенергії.

Додатково варто зазначити, що ефективне управління електроспоживанням передбачає також запровадження енергоефективних технологій, модернізацію інфраструктури передачі та розподілу електричної енергії, заохочення раціонального використання електроенергії споживачами, розвиток альтернативної енергетики. Успішна реалізація цих заходів дозволить оптимізувати виробництво, передачу і використання електроенергії, підвищити енергоефективність та енергобезпеку країни.

Для використання запропонованого підходу в моніторингу споживання електроенергії необхідно розробити та запрограмувати певний математичний апарат і алгоритми, що дозволять формалізувати цю технологію.

Технологія керування електроспоживанням на промислових підприємствах є найважливішою складовою, що безпосередньо пов'язана з виробничим процесом. Від неї значно залежить ефективне функціонування

об'єкта в цілому. При розробці автоматизованих систем управління (АСУ) цій технології необхідно приділяти найбільше уваги.

Метою такої АСУ є забезпечення ефективного з точки зору надійності та економічності електропостачання.

Досягнення цієї мети досягається шляхом вирішення загальної задачі керування $\{\Pi, \Phi\}$ (Π – опис об'єкту керування, Φ – критерій керування).

Опис об'єкта керування є формалізацією вимог щодо виконання запланованих об'ємів виготовлення продукції:

$$\Pi = \{\pi_i = f_i(\mathbf{X})\}, i = 1, N$$

де π_i – опис i -тої вимоги керування;

$\mathbf{X}$ – простір параметрів та характеристик станів об'єкта керування.

Критерій керування при існуючих взаємодіях з енергопостачальною організацією описується наступним чином:

$$\Phi = \lambda_w W + \lambda'_w \Delta W + \lambda_p P_s + \lambda'_p \Delta P_s + \lambda_Q Q + k_w \lambda_w W + Y_p(\Delta P, t_{\text{оп}}) + Y_{\text{IO}}(y_{\text{ин}}, 3) \rightarrow \min$$

λ_w, W – тариф на електричну енергію та об'єм споживання електроенергії;

$\lambda_w, \Delta W$ – тариф на електричну енергію, спожиту понад договірний ліміту та витрата цієї кількості електроенергії;

λ_w, P_s – тариф на заявлену активну потужність, яка приймає участь в максимумі системи та величина цієї активної потужності;

λ_w і ΔP_s – тариф на спожиту активну потужність, яка приймає участь в максимумі системи та величина цієї активної потужності;

λ_w і Q – тариф на реактивну потужність, яка приймає участь в максимумі системи та величина цієї активної потужності;

Y_p – коефіцієнт оплати за понаднормово спожиту (чи понаднормово генеровану) кількість реактивної енергії;

Y_{to} – економічний збиток від зниження надійності роботи електричного обладнання або позапланового його ремонту.

2.2.2. Сценарний аналіз управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів. Сценарний підхід передбачає побудову кількох альтернативних варіантів (сценаріїв) розвитку подій у майбутньому. На відміну від лінійного прогнозування, де передбачається певна закономірна траєкторія розгортання поточних тенденцій, сценарний аналіз допускає якісні зміни і непередбачувані повороти подій.

Метою сценарного планування є оцінка можливих станів об'єкта в майбутньому та розробка заходів для запобігання негативним наслідкам чи використання потенційних можливостей. Сценарії дозволяють врахувати інтереси всіх задіяних сторін і стратегічні невизначеності.

Сценарний аналіз ефективний для управління складними системами, що функціонують в мінливих умовах. Він генерує набір можливих сценаріїв розгортання процесів з оцінкою їх ймовірності та наслідків. Це дає змогу заздалегідь підготуватися до різних варіантів майбутнього.

В умовах кризи складні інструменти прогнозування можуть бути економічно обтяжливими. Проте зростання невизначеності вимагає застосування гнучкіших підходів, які дозволяють підготуватися до різних сценаріїв розвитку подій.

Сценарне моделювання саме і є таким інструментом. Воно ефективне в середньо- та довгостроковій перспективі, коли існує високий рівень непередбачуваності. На відміну від традиційного прогнозування, сценарний аналіз генерує кілька альтернативних варіантів майбутнього. Це дає змогу приймати більш гнучкі управлінські рішення.

За умов високої невизначеності сценарне моделювання є виправданим. Воно забезпечує адаптивність стратегії і готовність до різних варіантів розвитку подій у майбутньому. І хоча потребує певних витрат, ця гнучкість може бути вирішальним фактором довгострокового успіху організації.

Окремі науковці вважають, що сценарний підхід можна застосувати на початковому етапі впровадження науково-дослідних проектів. Цей етап є вкрай важливим для прогнозування та уникнення зайвих витрат. Наприклад, згідно з дослідженнями американських учених, 70% науково-дослідних проектів, які розробляють промислові компанії, не дають позитивного комерційного результату. Лише 20% нових продуктів не знімають з виробництва.

Отже, бачимо, що успішність впровадження нових розробок на промислових підприємствах є низькою. Проте сценарне планування на початковому етапі дозволить підвищити ймовірність отримання позитивного результату. Зокрема, воно сприятиме кращому аналізу можливих ризиків, оптимізації ресурсів та прийняттю виважених управлінських рішень. Як наслідок, підприємства зможуть підвищити ефективність інноваційної діяльності та конкурентоспроможність.

2.3 Аналіз методів прогнозування електроспоживання комунально-побутових споживачів

Оцінка балансу енергії є важливою складовою аналізу ефективності використання ресурсів на промислових підприємствах. Вона дозволяє порівняти обсяг енергії, що надходить у виробничу систему, та обсяг фактично витраченої чи перетвореної енергії. Залежно від цілей аналізу, на підприємствах можуть складатися різні типи енергетичних балансів: загальнозаводські, цехові, технологічних ліній тощо.

Оцінка енергоефективності з використанням аналізу балансів дозволяє виявити нераціональне витрачання паливно-енергетичних ресурсів, втрати енергії на окремих ділянках виробництва, можливості економії за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій. Комплексний аналіз енергоспоживання з урахуванням технологічних особливостей дає змогу розробити обґрунтовану програму підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві.

Енергоспоживання населенням є важливим компонентом загального енергобалансу країни. Планування та прогнозування побутового споживання енергії базується на аналізі статистичних даних минулих періодів.

Для коректного застосування статистичних методів, таких як регресійний чи дисперсійний аналіз, вхідні дані мають відповідати нормальному розподілу. Тому важливою є перевірка вибірки на відповідність нормальності розподілу перед подальшою обробкою.

Математичне моделювання дає змогу глибше зрозуміти й формалізувати процеси енергоспоживання населенням. Побудовані моделі відображають внутрішні закономірності та зовнішні чинники впливу на ці процеси. Використання таких моделей посилює точність прогнозних розрахунків побутового енергоспоживання.

Процес побудови та використання математичної моделі включає декілька основних етапів:

1. Дослідження об'єкта моделювання, визначення ключових параметрів та зв'язків, які потрібно відобразити в моделі.
2. Розробка математичних рівнянь та алгоритмів, формалізація моделі з урахуванням суттєвих характеристик об'єкта.
3. Тестування та аналіз моделі шляхом комп'ютерного експерименту для оцінки адекватності розробленої моделі.
4. Порівняння та уточнення - зіставлення результатів моделювання з реальними даними, коригування моделі для підвищення точності.

5. Практичне застосування отриманої моделі для аналізу, прогнозування, оптимізації досліджуваного процесу чи системи.

Побудова моделі вимагає комплексного системного підходу для адекватного відображення реального об'єкта чи явища.

Математичні методи є ключовим інструментом для побудови та аналізу моделей складних систем чи процесів. Використання формалізованого математичного апарату забезпечує можливість точного опису моделі, дослідження її властивостей, проведення обчислювальних експериментів.

Існує широка класифікація математичних моделей за різними ознаками:

- за способом відображення часу: статичні та динамічні моделі;
- за методом побудови: оптимізаційні, статистичні, імітаційні тощо;
- за охопленням процесів: макроекономічні моделі економіки країни, галузеві моделі, локальні моделі окремих систем;

Поєднання різних типів та підходів дозволяє будувати комплексні моделі для вирішення конкретних завдань прогнозування.

Існують два основні методологічні підходи до побудови математичних моделей:

1. Індуктивний підхід передбачає побудову моделі шляхом узагальнення і поступового переходу від простіших часткових залежностей до загальної моделі системи. Спочатку вивчаються окремі фрагменти або складові процесу, будуються їх локальні математичні описи. Потім на основі виявлених закономірностей розробляється узагальнена модель системи в цілому.

2. Дедуктивний підхід полягає у побудові найбільш загальної абстрактної моделі з наступною її деталізацією і розробкою конкретних алгоритмів реалізації окремих частин. Спочатку створюється математичний опис загальної структури системи, потім відбувається поетапна конкретизація моделі.

Найкращим є поєднання цих підходів у єдиному ітеративному процесі моделювання, що забезпечує обґрунтованість та адекватність побудованої моделі.

Для аналізу даних та побудови прогнозних моделей існує широкий спектр математичних методів.

У випадку однієї змінної можна застосувати:

- описові статистики (середнє значення, дисперсія, гістограми);
- варіаційні ряди та розподіли ймовірностей;
- вибіркові дослідження.

При багатьох змінних використовують:

- кореляційно-регресійний аналіз для виявлення взаємозв'язків;
- багатовимірні статистики (коваріація, дисперсія);
- факторний, кластерний, дисперсійний аналіз.

Для прогнозування енергоспоживання найбільш придатні регресійні моделі та моделі часових рядів на основі історичних даних. Їх комбінація дозволяє підвищити точність прогнозів.

Кореляційно-регресійний аналіз - це статистичний метод дослідження взаємозв'язку між змінними та прогнозування однієї змінної на основі інших.

В основі методу лежить побудова рівняння регресії, яке описує функціональну залежність між змінними.

Розрізняють:

1) Парну регресію - зв'язок однієї залежної змінної Y та однієї незалежної змінної X . Має вигляд:

$$Y = a_0 + a_1X$$

2) Множинну регресію - зв'язок однієї залежної змінної Y та декількох незалежних змінних $X_1, X_2, \dots, X_n$. Має вигляд:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

Аналізуючи взаємозв'язки на основі регресійних рівнянь, можна робити прогностні розрахунки значень залежної змінної Y .

Основні завдання кореляційно-регресійного аналізу:

1. Встановлення форми зв'язку між результативною змінною Y та факторними змінними X .
2. Оцінка тісноти зв'язку за допомогою коефіцієнтів кореляції, детермінації.
3. Вимірювання впливу окремих факторів на результативну ознаку.

Також слушними є вимоги до відбору факторів:

- теоретична обґрунтованість факторів;
- істотність впливу факторів на результат;
- обмеження кількості факторів;
- відсутність лінійної залежності між факторами.

Дотримання цих принципів дозволить побудувати адекватну та значущу регресійну модель.

Деякі уточнення щодо побудови моделей:

- мультиколінеарність (лінійна залежність між факторами) знижує значущість моделі, тому її необхідно уникати.
- фактори можуть бути як кількісними (безперервні числові значення), так і якісними (номінальні або порядкові) змінними.
- не можна одночасно включати в модель сукупний та складові його фактори, оскільки вони лінійно залежать.

Отже, фактори мають бути теоретично обґрунтованими, статистично значущими, не мультиколінеарними та коректно підібраними з точки зору сукупного/часткового представлення. Це забезпечить адекватність побудованої моделі.

2.4 Статистичні методи розробки системи управління та моніторингу енергоспоживанням комунально-побутових споживачів

Для побудови корисної моделі електроспоживання організації на базі даних вимірювань пропонується статистична методологія, послідовність застосування якої є наступною.

На початковому етапі обґрунтовується певний підхід декомпозиції часового ряду вимірюваних даних електропостачання організації на три складові: трендову, періодичну та стохастичну.

На наступному кроці обирається методика виявлення раптових моментів порушення динаміки всіх трьох складових загального часового ряду та формується послідовність їхніх точок зміни.

Далі відбувається сегментація періоду спостереження, тобто розбиття інтервалу $[0, T]$ моментами порушення динаміки на інтервали часових рядів компонент процесу.

На заключному етапі за отриманими часовими рядами в межах кожного сегмента розробляється модель кожної зі складових з метою формування узагальненої математичної моделі електроспоживання організації.

Слід зазначити, що точність побудованої моделі значною мірою залежить від обраних методів декомпозиції та виявлення змін у динаміці процесу. Їх вибір має ґрунтуватися на глибокому аналізі особливостей конкретного часового ряду даних вимірювань. Крім того, для перевірки адекватності розробленої моделі доцільно застосувати статистичні критерії, що дозволять оцінити точність її прогнозних можливостей.

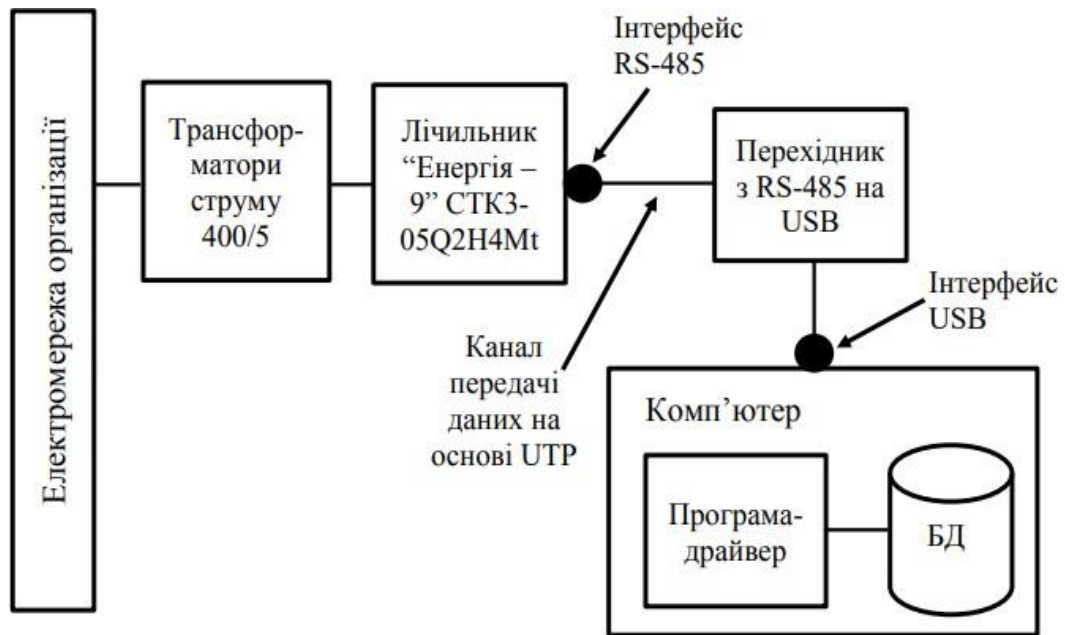


Рис. 2.2. Підсистема моніторингу штатного режиму процесу споживання електроенергії

Найбільш поширеними законами розподілу, що зустрічаються в процесі побудови математичних моделей енергоспоживання є рівномірний та нормальний. Розглянемо більш детально кожен з них.

Щільність ймовірності відмови у випадку рівномірного закону розподілу:

$$f(T) = \frac{1}{T},$$

де T – час роботи елемента

Функція розподілу має вигляд:

$$F(x) = \frac{x-a}{b-a}, \quad a < x < b.$$

Густина розподілу визначається згідно виразу:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & b < x \end{cases}$$

Математичне очікування і дисперсія розраховуються за формулами

$$M(x) = \frac{a+b}{2},$$

$$D(x) = \frac{(b-a)^2}{12}.$$

Рівномірний розподіл імовірностей найчастіше зустрічається у вигляді похибок округлення. Це типова ситуація під час проведення експериментів в різноманітних сферах вимірювальної практики. Така властивість використовується деякими генераторами псевдовипадкових чисел. Рівномірному закону розподілу підпорядковуються так звані випадкові похибки, що виникають, наприклад, через неточності вимірювальних приладів чи округлення результатів спостережень.

Слід зауважити, що рівномірний розподіл часто обирають для моделювання випадкових величин, оскільки він добре описує похибки округлення. Крім того, генератори псевдовипадкових чисел на основі рівномірного розподілу прості у реалізації та забезпечують числа, рівномірно розподілені на заданому інтервалі.

Нормальний закон розподілу, також відомий як гаусівський або нормальний розподіл, є одним з найважливіших і широко використовуваних

розподілів в ймовірнісній статистиці. Він характеризується симетричною колоколоподібною формою графіка.

Основні властивості нормального розподілу:

1. Симетрія: графік функції щільності ймовірностей симетричний навколо середнього значення.
2. Колоколоподібна форма: вищі ймовірності спостерігаються навколо середнього значення, а нижчі ймовірності віддаляються від середнього.
3. Параметри: розподіл повністю визначається двома параметрами - середнім значенням (μ) і стандартним відхиленням (σ).

Функція щільності ймовірностей (probability density function, PDF) нормального розподілу виглядає так:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

де x – змінна,

μ – середнє значення,

σ – стандартне відхилення.

Нормальний розподіл важливий в багатьох галузях, таких як статистика, фінанси, природознавство, інженерія тощо. Цей розподіл має центральну роль у Центральній граничній теоремі, яка визначає, як збігається розподіл суми великої кількості незалежних, однаково розподілених випадкових величин до нормального розподілу.

Правило трьох сигм відноситься до властивостей нормального розподілу і надає інформацію про ймовірності, пов'язані з різними діапазонами в межах стандартного відхилення від середнього значення.

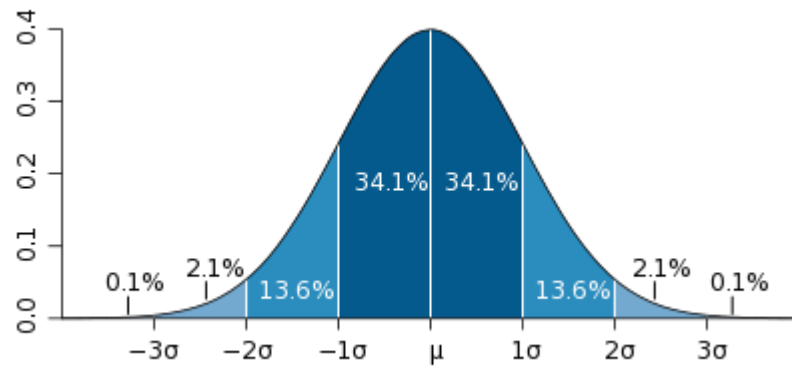


Рис. 2.3. Графік функції нормального закону розподілу

Це правило стверджує, що:

1. Приблизно 68% випадкових спостережень лежать в межах одного стандартного відхилення від середнього значення.
2. Приблизно 95% лежать в межах двох стандартних відхилень.
3. Приблизно 99,7% лежать в межах трьох стандартних відхилень.

Графічно це може бути представлено як коло в межах одного стандартного відхилення, еліпс в межах двох стандартних відхилень, і ще більший еліпс або область в межах трьох стандартних відхилень. Це допомагає отримати уявлення про те, як розподілені дані відносно середнього значення.

Це правило є важливим інструментом в статистиці, оскільки дозволяє швидко оцінювати ймовірність того, що випадкова величина буде в певному діапазоні в межах стандартного відхилення. Застосування цього правила важливо в різних галузях, де вивчаються розподіли даних, таких як фінанси, медицина, соціальні науки та інші.

Висновки до розділу

1. Смарт-лічильники електроенергії є ключовим компонентом концепції інтелектуальних енергомереж Smart Grid. Вони забезпечують розширений функціонал порівняно зі звичайними приладами обліку. Завдяки можливостям дистанційного збору й аналізу даних, смарт-лічильники дозволяють оптимізувати процеси обліку, контролю споживання та розрахунків між споживачами й постачальниками електроенергії.

2. Важливою складовою ефективного функціонування інтелектуальних лічильників є надійні та безпечні канали передачі даних. З-поміж доступних бездротових технологій комунікації найоптимальнішим рішенням, з огляду на співвідношення переваг, є технологія Wi-Fi.

3. Математичне моделювання є важливим інструментом дослідження та прогнозування складних систем і процесів в різних сферах, в тому числі в енергетиці. Розробка моделей включає комплекс етапів - від вивчення об'єкта до практичного застосування готової моделі. Використовуються індуктивний, дедуктивний та комбінований підходи.

4. Для формалізації моделей застосовують математичний апарат. Існує багато типів моделей з різним рівнем деталізації процесів.

5. Серед методів аналізу даних і прогнозних розрахунків в енергетиці найбільш поширеними є кореляційно-регресійний аналіз та моделі часових рядів. Вони дозволяють з достатньою точністю прогнозувати рівні споживання енергоресурсів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ КОМУНАЛЬНО- ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Основне завдання при формуванні енергосистеми - це підвищення продуктивності з меншими витратами енергії. У наш час, коли є повне розуміння обмеженості природних енергоресурсів, треба чітко усвідомлювати сьогодення та майбутнє. Головні питання: як раціонально використовувати енергію, який її оптимальний обсяг для споживання, які джерела і методи отримання та за якою ціною ми можемо задовольнити власні потреби в енергії.

З огляду на виснаження традиційних паливних ресурсів, актуальним є розвиток альтернативної енергетики на основі відновлюваних джерел - сонячної, вітрової, геотермальної тощо. Використання "зеленої" енергії дозволить зменшити залежність від викопного палива, знизити викиди парникових газів та покращити екологічну ситуацію. Проте потрібні великі інвестиції у модернізацію мережевої інфраструктури та підвищення ефективності накопичення і розподілу енергії.

Можливість зменшення енергоспоживання без погіршення якості життя – першочергове завдання енергосистеми.

Питання обліку електроенергії є актуальним для багатьох комунальних об'єктів. Розглянемо варіанти впровадження системи та підрахуємо комерційну пропозицію.

Виходячи з сучасних вимог споживачів до якості електропостачання, можна зробити висновок, що електросистема має бути надійною та забезпечувати всі потреби об'єкта на кожному етапі його життєвого циклу.

Дослідження об'єктів варто починати зі збору інформації для проектування електричної мережі об'єкту. Маючи інформацію про загальні характеристики об'єкта, основних та додаткових споживачів, можна визначити перелік джерел живлення та електричні мережі, до яких вони будуть підключені.

3.1 Узагальнена характеристика об'єкта впровадження системи управління та моніторингу енергоспоживанням

В якості житлово-комунального об'єкту, для якого планується впровадження системи управління та моніторингу енергоспоживанням було взято типовий житловий комплекс. План розміщення будівель на території житлового комплексу наведено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. План розміщення будівель на території житлового комплексу

Отже, даний об'єкт не становить підвищеної екологічної небезпеки. Головними споживачами електроенергії тут є житлові квартири.

Передбачається під'єднати абонентів до мережі напругою 0,22/0,4кВ, яка має захисні та резервні системи. Тому ризик припинення роботи інших інженерних мереж та транспортної інфраструктури вкрай низький.

Встановлення електроустаткування напругою 0,4кВ планується у ввідно-розподільчих пристроях 0,4кВ, розподільчих щитах 0,4 кВ, щитах квартирних 0,4 кВ та щитах поверхових 0,4 кВ житлових будівель.

Зазначені житлові будинки не належать до об'єктів, на яких можуть використовуватися, вироблятися, перероблятися, зберігатися чи транспортуватися небезпечні речовини або біопрепарати, що за певних умов можуть спричинити реальну загрозу виникнення аварії.

У разі відмови розподільних пристроїв напругою 380 В у житловому будинку, можливі такі негативні наслідки:

- ризик ураження електричним струмом людей, які перебувають в межах охоронної зони, через можливі збої в системі захисту.
- матеріальні збитки внаслідок пошкодження елементів та конструкцій кабельних ліній 0,4 кВ (втрата основних фондів).
- фінансові втрати через недовироблення готової продукції (електроенергії) у результаті можливого відключення трансформаторної підстанції.

Лінії електропередачі являють собою лінійні споруди і не потребують відведення окремої ділянки під будівельний майданчик.

3.2 Загальна характеристика споживачів електроенергії комунально-побутового об'єкту

На території житлового комплексу наявні такі основні споживачі електричної енергії:

- 6 п'ятиповерхових будинків по 50 і більше квартир кожен;
- 10 одноповерхових таунхаузів;
- 4-поверхове шале;
- насосна станція.

Дані про площі об'єктів комплексу наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Дані про площі об'єктів комплексу

Назва об'єкту	Площа житлових приміщень, м ²	Площа нежитлових приміщень		Площа технічних приміщень, м ²	Сумарна площа, м ²
		Площа офісів, м ²	Площа комор, м ²		
Буд. №1 (50 кв.)	2546,0	107,0	234,0	27,0	2914,0
Буд. №2 (50 кв.)	2546,0	120,0	230,0	27,0	2923,0
Буд. №3 (50 кв.)	2684,0	185,0	244,0	36,0	3149,0
Буд. №4 (120 кв.)	5725,0	62,0	558,0	55,0	6400,0
Буд. №5 (100 кв.)	5479,0	240,0	429,0	54,0	6202,0
Буд. №6 (92 кв.)	5488,0	211,0	453,0	54,0	6206,0
Таунхауз (10 буд.)	1450,0	-	-	-	1450,0
Шале (20 кв.)	1948,0	48,0	389,0	18,0	2403,0
Насосна станція	-	-	-	20,0	20,0
Всього	27866,0	973,0	2537,0	291,0	31667,0

Деякі споживачі в житловому будинку (квартири та нежитлові приміщення) відносяться до III категорії із забезпечення надійності електропостачання. Для гарантування безперебійного електроживлення цих об'єктів побудована кабельна лінія 0,4 кВ, під'єднана від розподільних

установок 0,4 кВ трансформаторних підстанцій No571 та No867 до ввідного розподільного пристрою 0,4 кВ No1 житлового комплексу, розподільних щитів житлових будівель, а також нежитлових і торговельних приміщень.

Низка споживачів в житловому комплексі (вузол обліку води, служба охорони, слабкострумні шафи, загальне освітлення, системи електроопалення будівель, офіси) та насосна станція належать до II категорії надійності електропостачання, оскільки перерва в електроживленні може суттєво погіршити умови проживання мешканців будинків. Аварійне освітлення а також пожежна сигналізація відносяться до III категорії, адже зупинка роботи цих систем в екстрених випадках становить загрозу безпеці та життю людей.

Передбачається підключення житлового комплексу до 2-х трансформаторних підстанцій, одна з яких розташовуватиметься поза межами комплексу.

3.3 Система обліку електроенергії житлового комплексу

Інтелектуальний лічильник електроенергії має забезпечувати ряд ключових можливостей для користувача. По-перше, це детальний облік споживання за різні періоди доби - розподіл за зонами. По-друге, моніторинг параметрів мережі в режимі реального часу - вимірювання напруги, сили струму окремо по кожній фазі.

Окрім базових функцій обліку та моніторингу, інтелектуальний лічильник має забезпечувати захист від різких коливань напруги, а також оперативне відключення користувача від мережі у випадку критичної ситуації. З цією метою лічильник обладнується спеціальним реле.

Для зручності користувачів передбачено виведення на дисплей інформації про поточну заборгованість за електроенергію. Крім того,

інтелектуальний лічильник автоматично передає необхідні дані постачальникам електроенергії.

Отже, сучасний smart-лічильник – це не тільки пристрій обліку, а й помічник для контролю споживання, безпеки та комфорту користувача.

Інтегрована система моніторингу та контролю енергоспоживання повинна реалізовувати комплекс взаємопов'язаних функцій для ефективного управління енергоресурсами.

По-перше, це збір даних у напівавтоматичному режимі або повністю в автоматизованому режимі без участі людини.

По-друге, інтелектуальний аналіз даних та автоматичне виявлення випадків надмірного чи необґрунтованого споживання енергоресурсів.

Крім того, система має формувати зрозумілі аналітичні звіти як для енергопостачальних компаній, так і для відповідних підрозділів в рамках організації.

Важливою вимогою є цілодобовий безперервний моніторинг параметрів та надання доступу до даних для уповноважених осіб через веб-інтерфейс.

Додатково система контролює працездатність власних компонентів, різноманітних давачів, детектує спроби несанкціонованого доступу та критичні відхилення температурного режиму всередині будівлі.

Інтегрована система енергомоніторингу має забезпечувати можливість гнучкого збору даних в режимі реального часу, а також їх візуалізацію та аналіз користувачем.

Зокрема, передбачено опитування стану лічильників як за розкладом, встановленим диспетчером, так і на поточний запит. Дані виводяться на комп'ютер чи мобільний пристрій користувача, з підключенням через Інтернет. Крім того, реалізовано функцію друку звітів.

Для аналізу інтегрального споживання на різних рівнях (окремі лічильники, групи, об'єкти, вся система) надаються як табличні, так і графічні форми відображення за годину, добу, місяць тощо.

Система забезпечує безперервну самодіагностику в режимі реального часу. Вся інформація резервується для відновлення у разі збоїв.

Додатково реалізовано функції захисту даних від несанкціонованого доступу

Згідно вимог постачальника електроенергії, для коректного розподілу та обліку споживання різними групами користувачів має бути впроваджена автоматизована система моніторингу електроспоживання.

В даному випадку облік електроенергії здійснюється на рівні вводів 0,4 кВ для житлових будинків 1...6 з використанням лічильників трансформаторного типу марки NIK 2307. Загальний вигляд лічильника NIK 2307 наведено на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Загальний вигляд лічильника NIK 2307

Лічильники мають наступні технічні і метрологічні характеристики:

- клас точності В;

- вимірювання активної та реактивної потужності й енергії;
- багатотарифність;
- 4-провідне підключення;
- номінальна напруга 3х220/380 В;
- частота 50 Гц;
- номінальний струм 5(10)А;

Застосування даних типів лічильників дозволить реалізувати погодинний облік у розрізі різних груп споживачів та тарифів.

Для обліку електроспоживання на власні потреби житлових будинків використовуються електронні багатотарифні лічильники марки NIK 2307 прямого включення. Вони встановлені у ВРП-0,4 кВ будинків No1-No3 та мають наступні характеристики:

- клас точності 1,0;
- вимірювання активної енергії;
- підтримка багатотарифного обліку;
- 4-провідне підключення;
- номінальна напруга 380 В;
- частота 50 Гц;
- номінальний струм 5(80)А;
- пряме підключення до мережі без додаткових трансформаторів.

Застосування даних лічильників дає можливість організувати автоматизований погодинний облік електроенергії, спожитої на власні потреби будинків, за різними тарифами.

Концентратор даних передбачається встановлювати в кожен з будинків.

Схеми приєднання трифазного лічильника NIK 2307 до електричної мережі наведена на рис. 3.3, 3.4.

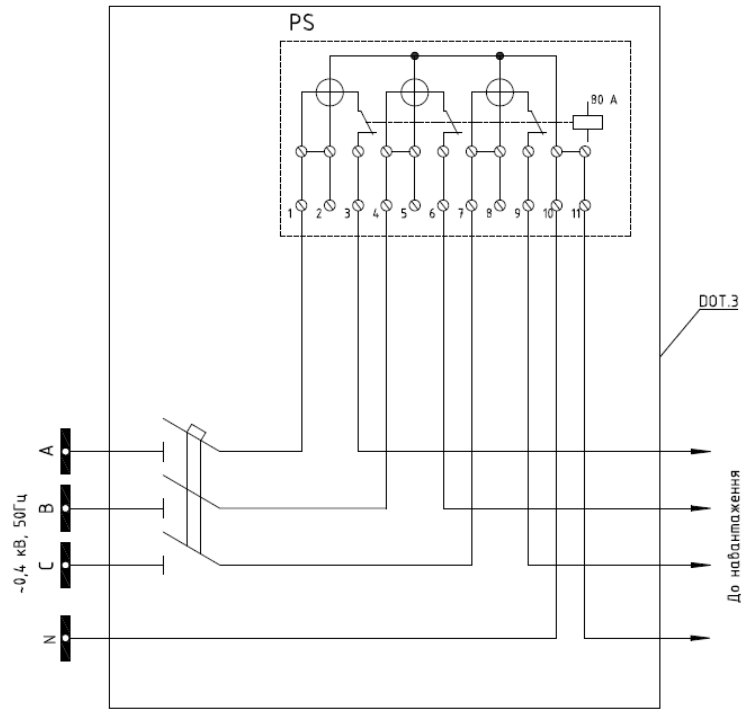


Рис. 3.3. Схема прямого приєднання трифазного лічильника NIK 2307

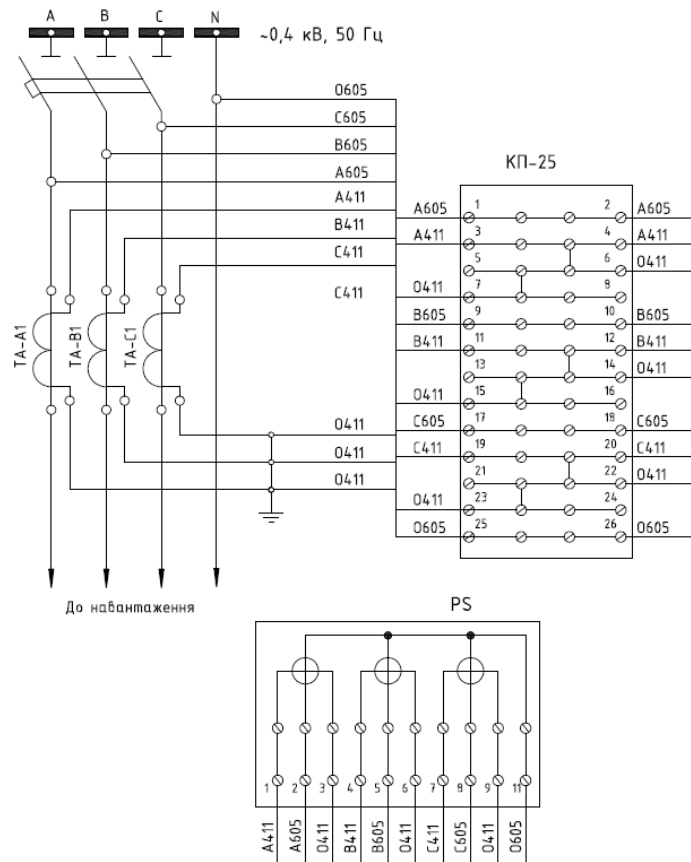


Рис. 3.4. Схема трансформаторного приєднання трифазного лічильника NIK 2307

На рис. 3.5. наведена принципова електрична схема поверхового щита

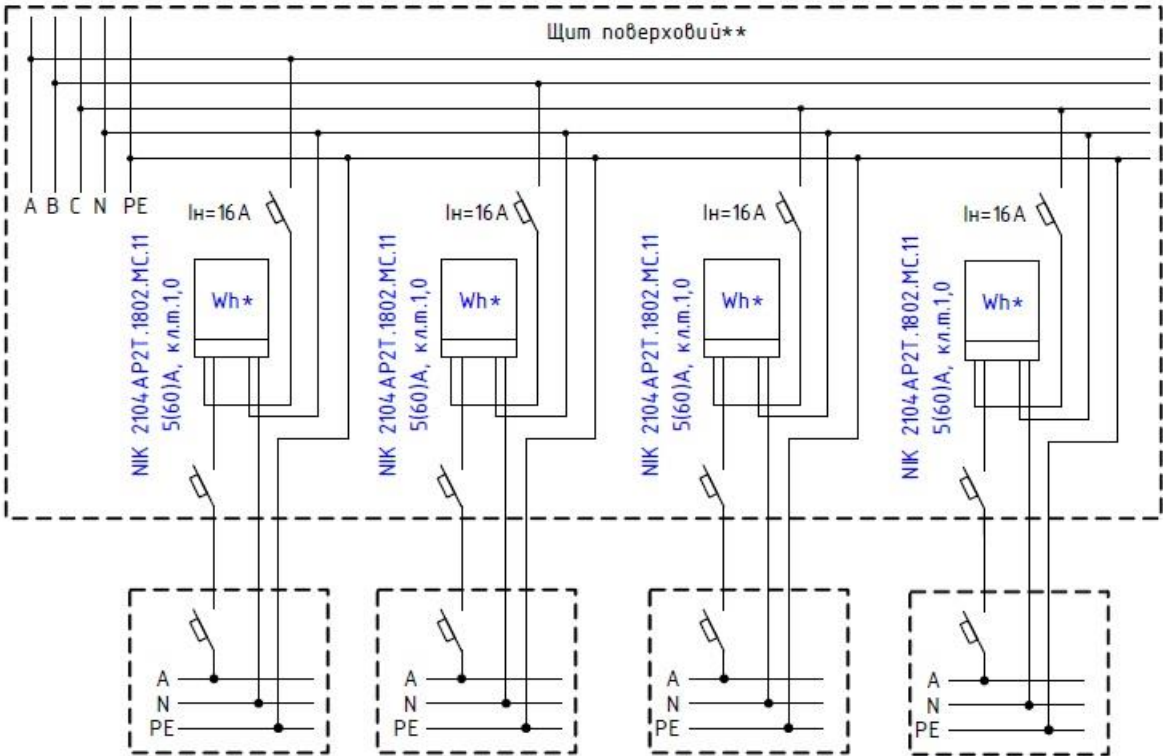


Рис. 3.5. Принципова електрична схема поверхового щита

На рис. 3.6. наведено схему приєднання комутаційного обладнання

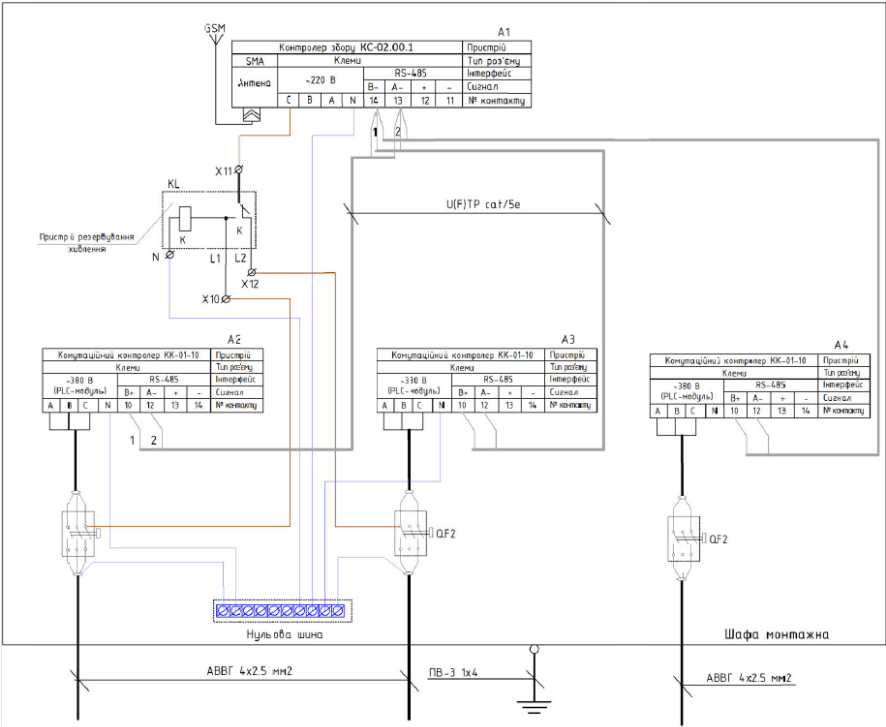


Рис. 3.6. Схема приєднання комутаційного обладнання

На рис. 3.7 показана узагальнена структурна схема АСКОЄ житлового комплексу.

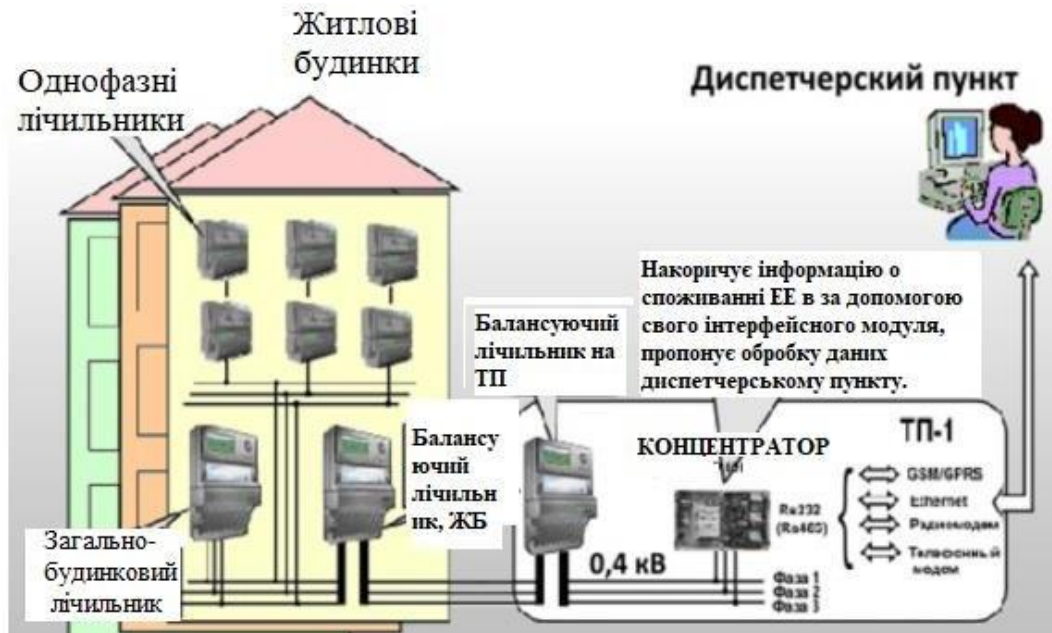


Рис. 3.7 Узагальнена структурна схема АСКОВЕ житлового комплексу

В якості програмного забезпечення системи АСКОЕ застосовується По
«NovaSys» (рис. 3.8, 3.9)

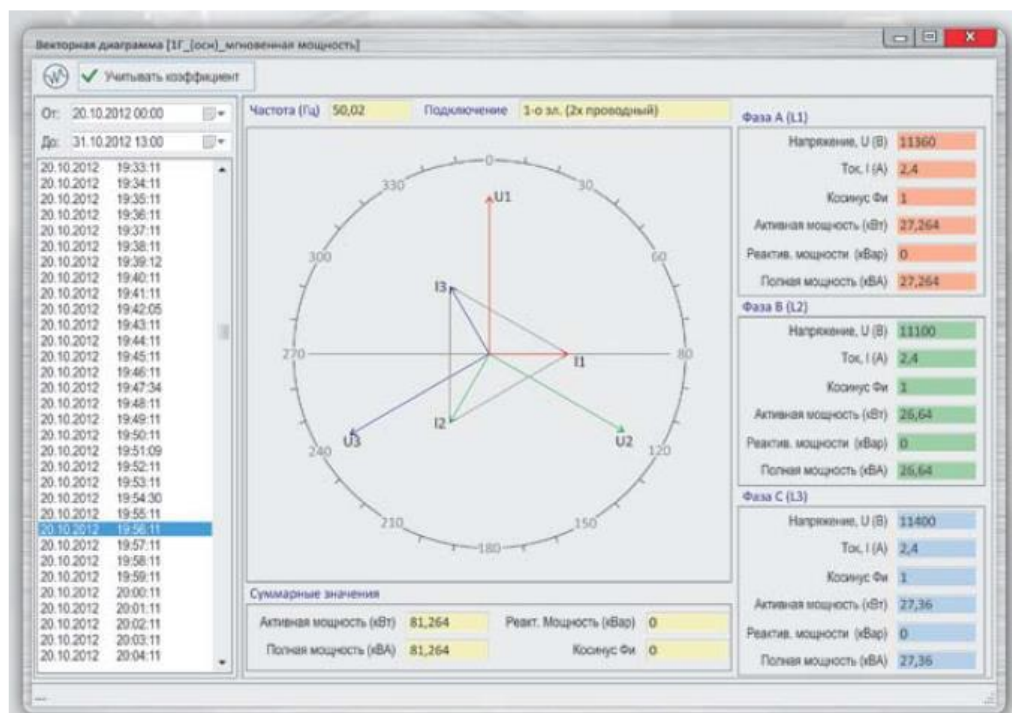


Рис. 3.8. Вікно ПО «NovaSys» із зображенням параметрів електричної мережі та векторної діаграми напруг та струмів

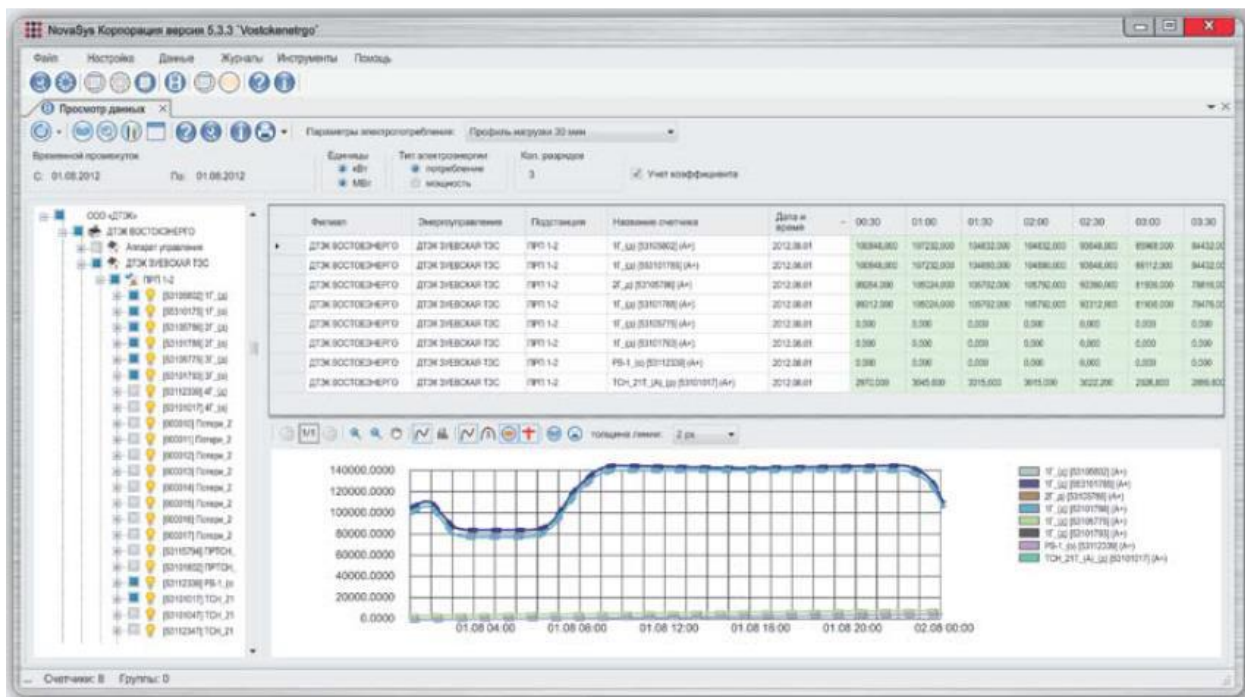


Рис. 3.9. Вікно ПО «NovaSys» із зображенням півгодинних графіків
електричного навантаження

Для збору даних про спожиту електроенергію використовується лічильник типу NIK - 2307. Повідомлення від нього в систему передаються щосекундно, затримка між транзакціями становить 35 мс, тайм-аут приймача складає 1,5 с.

Графік зміни показників лічильника протягом інтервалу тривалістю в три доби наведено на рис. 3.10.

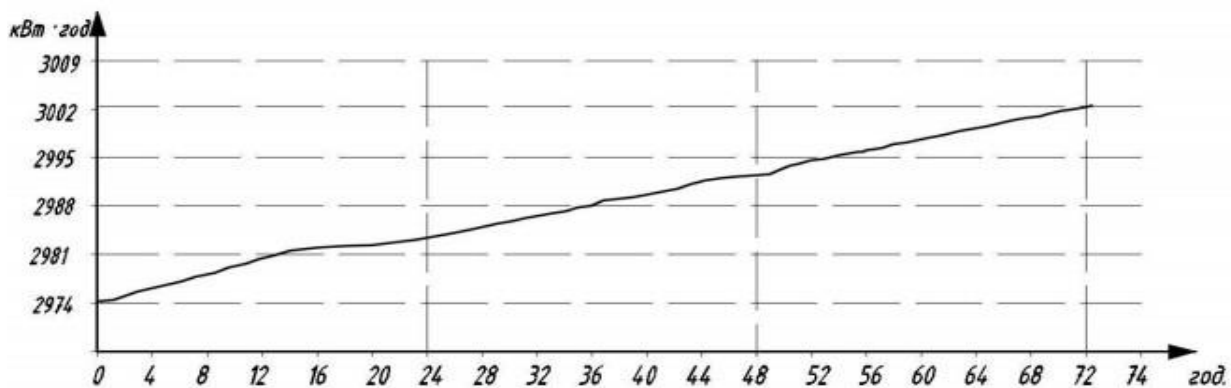


Рис. 3.10. Графік показників лічильника за 3 доби

Як видно з даного графіка, різниця між сусідніми показниками лічильника є дуже малою (близько 0,0003 кВт·год). Так як постійна лічильника складає 3200, то 1 імпульс відповідає кількості електричної енергії обсягом 0,3125 Вт·год. Таким чином дані синхронізуються вчасно і система працює коректно.

3.4 Розрахунок вартості АСКОЄ житлового комплексу

Результати розрахунку техніко-економічних показників впровадження АСКУЕ для будинків 1...5 наведено в табл. 3.2

Таблиця 3.2. Результати техніко-економічних розрахунків
впровадження АСКУЕ

№ з/п	Найменування обладнання	Вартість од. грн	К-сть	Сумарна вартість, грн
1	Лічильник НІК 2104 з PLC модулем	2000	462	924000
2	Концентратор PLC-2	24000	2	24000
3	ПЗ «Енергоцентр»	90000	1	90000
4	Лічильник НІК 2307	7000	6	42000
5	Шафи АСКОЕ	800	130	104000
6	Витрати на монтаж та налаштування обладнання	20000	1	20000
7	Всього			1228000

Як видно з результатів розрахунку, впровадження АСКУЕ є досить дороговартісним. Проте, на тепер введення будинку в експлуатацію не є можливим без наявності системи автоматизованого обліку електроенергії.

Ось деякі ключові переваги впровадження АСКУЕ:

Для споживача електроенергії:

1. Автоматична фіксація даних лічильників щодо обсягів споживання електроенергії, потужності та параметрів мережі.

2. Точний та прозорий облік витрат електроенергії будівлею чи організацією.

3. Можливість оперативного моніторингу поточних навантажень.

4. Оптимізація графіків роботи устаткування на підставі аналізу даних.

5. Автоматизація процесів формування та подання звітності постачальнику.

6. Прозорість подій та синхронізація даних в єдиній системі обліку.

За рахунок цього досягається більш ефективне та раціональне використання електричної енергії.

Основні переваги автоматизованої системи моніторингу та контролю електроспоживання для енергопостачальної компанії:

1. Можливість точного визначення та прогнозування складових загального балансу електроенергії.

2. Впровадження погодинного обліку для всіх споживачів.

3. Підвищення достовірності даних обліку шляхом їх автоматичної верифікації та балансування.

4. Зменшення комерційних втрат електроенергії за рахунок синхронізації зняття показів.

5. Автоматизація розрахунків та контролю оплати відповідно до фактичного споживання.

6. Можливість оперативного моніторингу стану обладнання та системи в цілому.

Таким чином оптимізується якість надання послуг та взаємодія зі споживачами.

Комунально-побутові споживачі традиційно є пасивними користувачами електромережі, при цьому усі витрати, пов'язані з нерівномірністю графіків електроспоживання, лягають на енергосистему.

Для трансформації пасивних споживачів в активних необхідні: наявність технічних можливостей з боку електроприладів, методів та засобів управління навантаженням, а також стимули як для енергокомпаній, так і кінцевих користувачів.

Сучасні інтелектуальні лічильники електроенергії можуть підтримувати одно-, дво- або тризонний облік за різними тарифами. Це дозволяє оптимізувати графіки споживання та досягти значної економії коштів для кінцевих користувачів. Розглянемо конкретний приклад переваг впровадження таких систем.

В першому розділі роботи було розглянуто графік споживання однієї квартири багатоквартирного будинку (рис.1.1). Проте, цей графік не відображає повної картини електроспоживання комунально-побутових споживачів.

Сумарний графік електричного навантаження 1000 споживачів електроенергії (квартир) наведено на рис. 3.11.

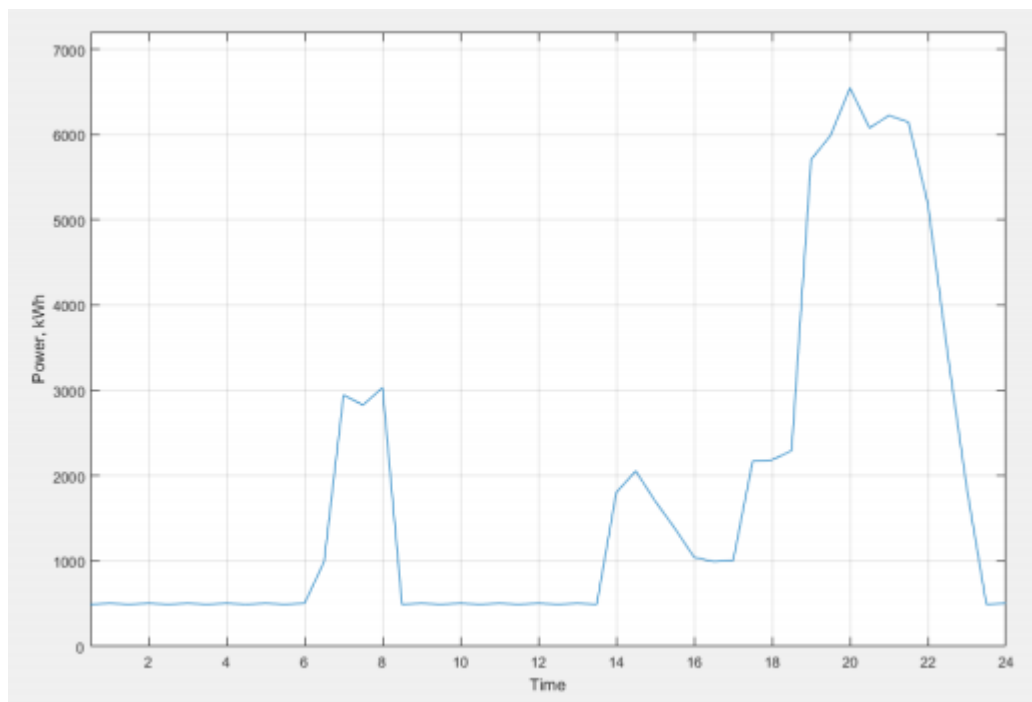


Рис. 3.11. Графік активного навантаження 1000 споживачів (квартир)

Для визначення ймовірних інтервалів часу роботи побутових електроприладів доцільно застосувати апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Адже час початку та закінчення роботи має випадковий характер і може бути описаний за допомогою випадкових величин з нормальним законом розподілу.

Такий підхід дозволяє дослідити реакцію споживачів на зміну тарифів на електроенергію та моделювання їхньої поведінки.

У даному випадку для аналізу обрано такі типові побутові споживачі як сушарка для одягу, посудомийна машина та пральна машина. Моделювання дозволить визначити ступінь зміщення навантаження у часі для цих споживачів залежно від зміни тарифів у різні періоди доби.

Наприклад, інтервал часу роботи пральної машини становить з 20:30 до 5:00, тривалість роботи складає 3 години, при цьому споживається 2 кВт·год електроенергії.

Введемо стимул зміщення навантаження в часі та приймемо залежність ціни на електроенергію в певний момент часу у вигляді:

$$Pr = p^2,$$

де p – величина навантаження в певний інтервал часу, кВт.

Відповідні розрахунки були проведені в середовищі MatLab. Результати цих розрахунків наведені на рис. 3.12 у вигляді графіка.

Слід відзначити, що сумарне значення спожитої електроенергії в двох випадках (без зміщення і зі зміщенням навантаження) є однаковим і складає 43050 кВт·го. При цьому витрати на електроенергію суттєво відрізняються і визначаються згідно виразу:

$$P_{sum} = \sum_{i=1}^n Pr_i \cdot p_i,$$

де, i, n – часові інтервали.

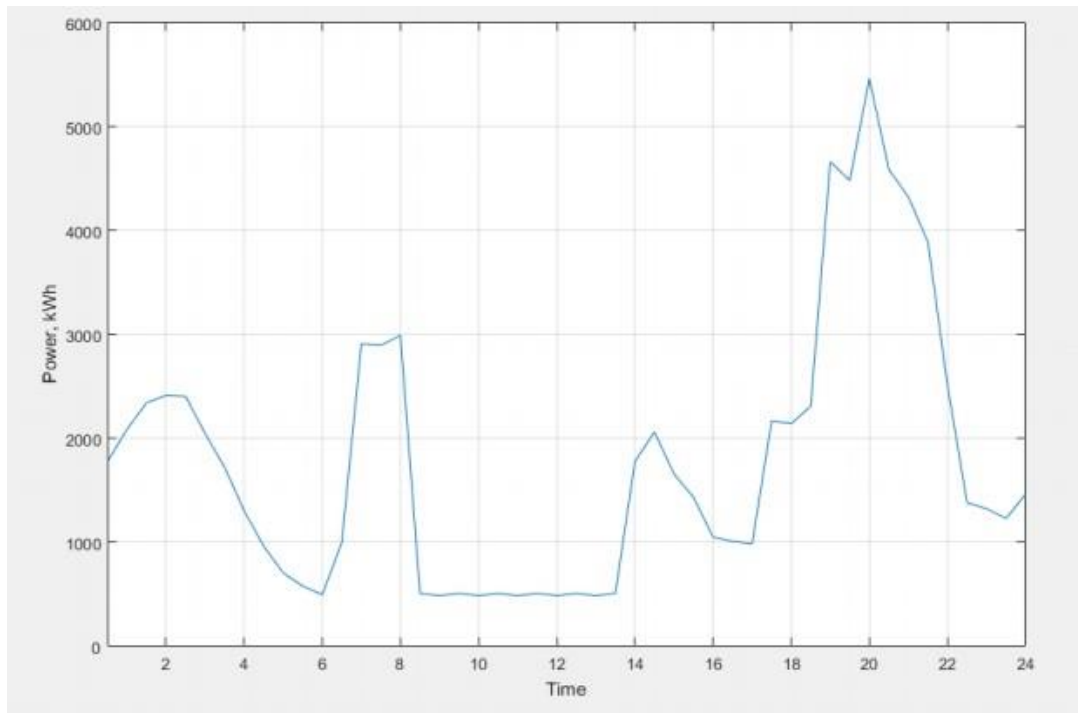


Рис. 3.12 – Графік електричного навантаження для випадку зміщення часу роботи споживачів електроенергії

За результатами моделювання двох сценаріїв електроспоживання побутовими приладами було встановлено наступне:

1. Без зміщення графіку роботи приладів сумарні витрати на електроенергію склали $8,5 \cdot 1011 = 8593,5$ умовних грошових одиниць.
2. При оптимізації графіку та перенесенні частини навантаження на нічні години вдалося досягти зниження витрат вдвічі - до $4,5 \cdot 1011 = 4549,5$ умовних грошових одиниць.

При цьому спостерігається згладжування пікових навантажень в ранкові та вечірні періоди і збільшення споживання в нічні години.

Отже, дані результати демонструють ефективність реалізації концепції управління попитом на електроенергію в побутовому секторі за рахунок стимулювання раціональної поведінки кінцевих споживачів.

Висновки до розділу

1. Підвищення енергоефективності досягається шляхом впровадження енергозберігаючих технологій, раціонального використання енергії, розвитку альтернативної енергетики. Зменшення енергоспоживання без втрати якості життя - можливо за рахунок оптимізації виробничих процесів, модернізації обладнання, будівництва енергопасивних будівель.

2. Забезпечення надійного, безперебійного енергопостачання, що задовольняє потреби споживачів на кожному етапі життєвого циклу об'єктів.

3. Застосування сучасних інтелектуальних систем обліку та моделювання електроспоживання дозволяє реалізувати концепцію управління попитом в побутовому секторі. Використання багатотарифних схем обліку стимулює зміщення частини навантаження споживачів на години з більш низькими тарифами.

4. Оптимізація графіків роботи побутових електроприладів дає значний економічний ефект у вигляді зниження витрат на електроенергію в 2 і більше разів. Згладжування графіку електричних навантажень суттєво підвищує ефективність функціонування електромережі в цілому.

5. Впровадження інтелектуальних систем керування попитом є стратегічно важливим напрямком розвитку електроенергетики.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників

Контроль усієї системи здійснюватиме оператор з інформаційно-обчислювального центру. Вся наявна інформація, що надходить, опрацьовується робочою станцією та зберігається на жорсткий диск комп'ютера. Оператор може стежити за функціонуванням системи, аналізуючи дані на екрані монітора.

Існуючий на цей час в комплекс розроблених організаційно-технічних рішень із захисту інформації, позитивний досвід роботи низки обчислювальних центрів свідчить, що є змога досягти набагато більших успіхів у справі усунення шкідливого впливу небезпечних виробничих факторів на працівників. Проте поточний стан умов праці та рівень її безпеки ще не відповідають сучасним вимогам.

Зокрема, оператори комп'ютерів, фахівці з підготовки даних, програмісти та інші працівники обчислювальних центрів як і раніше стикаються з дією таких шкідливих факторів, як підвищений рівень шуму, надмірна температура навколишнього середовища, недостатнє освітлення робочої зони, вплив електричного струму, статичної електрики тощо.

Для поліпшення ситуації необхідно комплексно підходити до організації безпечних умов праці фахівців, задіяних у сфері інформаційних технологій. Це включає як удосконалення технічного забезпечення робочих місць, так і розробку ефективної системи заходів з охорони праці та контролю дотримання вимог безпеки на підприємствах даної галузі.

Чимало працівників зазнають впливу таких психофізіологічних факторів, як розумове перевантаження, стомлення зорового та слухового аналізаторів, монотонність праці, емоційні стреси. Дія згаданих

несприятливих факторів призводить до зниження рівня працездатності внаслідок наростаючого стомлення.

Крім того, робота з комп'ютерною технікою часто пов'язана з гіподинамією, вимушеною позою, перенапруженням зору та хребта. У сукупності ці фактори також негативно позначаються на самопочутті й ефективності працівників.

Тому вкрай важливо забезпечувати сприятливі умови на робочих місцях фахівців, задіяних у сфері інформаційних технологій - відповідний мікроклімат, освітлення, ергономіку обладнання тощо. А також запроваджувати регламентовані перерви, фізичні вправи, заходи психологічного розвантаження для уникнення перевтоми та відновлення працездатності персоналу.

Медичні огляди працівників засвідчили, що окрім зменшення рівня продуктивності праці, тривала дія інтенсивного шуму призводить до погіршення слуху. Перебування людини в умовах комбінованого впливу різних шкідливих факторів може спричинити професійні захворювання.

Аналіз травматизму серед персоналу показує, що найчастіше нещасні випадки трапляються через дію фізично небезпечних чинників під час заправки носія інформації на обертовому барабані при знятому кожусі, а також коли працівники виконують не властиві їм завдання. На другому місці - нещасні випадки, пов'язані з впливом електричного струму.

Для запобігання травматизму та профзахворювань на підприємствах, де використовується комп'ютерна техніка, необхідно:

- мінімізувати вплив шкідливих факторів (шум, мікроклімат, освітлення тощо)
- забезпечити належне заземлення обладнання
- проводити регулярні інструктажі з охорони праці
- видавати спецодяг та засоби індивідуального захисту
- контролювати дотримання правил безпеки працівниками

Комплексний підхід до організації безпечних умов праці дозволить значно зменшити ризики для здоров'я персоналу у даній галузі.

4.2 Заходи із забезпечення електробезпеки персоналу

Електричні пристрої, до яких належить практично все комп'ютерне обладнання, становлять значну потенційну небезпеку для людини, адже під час експлуатації чи проведення профілактичних робіт працівник може торкнутися частин, що перебувають під напругою. Специфічна загроза електроустановок полягає в тому, що струмопровідні дроти, корпуси комп'ютерів та іншої техніки, які опинилися під напругою через пошкодження ізоляції, не подають жодних сигналів, котрі попереджували б працівника про небезпеку. Реакція людини на дію електричного струму виникає лише під час його проходження через тіло.

Суттєве значення для унеможливлення електротравматизму має належна організація обслуговування діючих електроустановок обчислювальних центрів, проведення ремонтних, монтажних та профілактичних робіт з дотриманням усіх норм та правил. А саме: суворе виконання низки організаційно-технічних заходів, які встановлені Правилами технічної експлуатації електроустановок і Правилами улаштування електроустановок.

Окрім зазначених нормативних вимог, для мінімізації ризиків електротравм на підприємствах, де використовується комп'ютерна техніка, рекомендується: регулярно проводити заміри опору ізоляції; забезпечувати заземлення та захисне вимикання; застосовувати пристрої захисного вимикання; використовувати низьковольтне обладнання тощо. А також регулярно навчати персонал правилам електробезпеки.

Залежно від категорійності приміщення необхідно вживати певних заходів, що забезпечують достатній рівень електробезпеки при експлуатації та ремонті електрообладнання. Так, у приміщеннях із підвищеним рівнем небезпекою електроінструменти, а також переносні світильники повинні бути виконані з подвійною ізоляцією струмоведучих частин, або їх номінальна напруга живлення не повинна бути більшою за 42 В.

До таких приміщень у обчислювальних центрах можуть належати зали серверного та мережевого обладнання, приміщення для розташування периферійних пристроїв. В особливо небезпечних приміщеннях номінальна напруга живлення переносних світильників не має бути більшою за 12 В, а робота з устаткуванням напругою не вище 42 В дозволяється лише з використанням засобів індивідуального захисту.

Крім того, у приміщеннях із підвищеною небезпекою рекомендується застосовувати системи безперервного електроживлення для попередження раптового вимкнення комп'ютерної техніки, а також використовувати обладнання та кабелі з посиленими вимогами до електробезпеки. Регулярне тестування та заміна засобів захисту, навчання персоналу - невід'ємні умови безаварійної роботи електроустановок обчислювальних центрів.

Роботи без зняття напруги зі струмоведучих частин і поблизу них, тобто безпосередньо на самих струмоведучих елементах або з наближенням до них на відстань, меншу за встановлені норми, вимагають застосування технічних і організаційних заходів. До таких робіт можна віднести налагодження окремих вузлів та блоків електроустаткування напругою до 1000В.

При цьому необхідно:

- встановлювати тимчасові огорожі поблизу робочого місця та інших струмоведучих частин, до яких є ризик випадкового дотику;

- працювати в діелектричних рукавичках або стоячи на ізолювальному килимку;
- використовувати інструмент з ізольованими ручками, за відсутності такого - діелектричні рукавички.

Крім того, при роботі на електроустановках під напругою потрібен посилений контроль за дотриманням правил електробезпеки та застосуванням усіх необхідних засобів захисту. Такі роботи мають виконуватися бригадою у складі не менше 2 осіб, одна з яких повинна спостерігати за іншими та надавати допомогу у разі необхідності.

Роботи такого виду повинні виконуватися як мінімум двома працівниками.

Відповідно до правил, до працівників та обслуговуючого персоналу електроустановок висуваються такі вимоги:

- - особи, яким менше 18 років, не повинні бути допущені до проведення робіт в електроустановках;
- - працівники не повинні мати каліцтв та захворювань, які перешкоджають виконанню виробничих обов'язків;
- - персонал після відповідної теоретичної та практичної підготовки зобов'язаний пройти перевірку знань та отримати посвідчення для допуску до робіт в електроустановках.

Окрім зазначених вимог, на підприємствах і в організаціях рекомендується запроваджувати систему регулярного навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань електробезпеки. Адже знання та навички щодо попередження та усунення небезпечних ситуацій при роботі з електрообладнанням є запорукою уникнення нещасних випадків та аварій.

Розряди статичної електрики найчастіше виникають при доторкуванні до елементів комп'ютерної техніки. Такі розряди безпосередньо небезпечні для людини, проте окрім неприємних відчуттів

можуть призвести до пошкодження обладнання. Для зменшення величини накопичених статичних зарядів рекомендується виконувати покриття підлоги в приміщенні з антистатичного лінолеуму. Також можливо застосувати нейтралізатори статички на основі іонізованого газу чи радіоактивних елементів. До загальних заходів належить регулювання вологості повітря.

Для захисту персоналу, який обслуговує трансформаторну підстанцію та ввідно-розподільчу установку житлового будинку, від ураження струмом необхідно суворо дотримуватись правил технічної експлуатації електроустановок.

Крім того, на трансформаторних підстанціях має бути передбачено низку технічних та організаційних заходів: надійне огороження небезпечних зон, блокування захисту, попереджувальні знаки, регулярні інструктажі персоналу тощо. Це дозволить убезпечити обслуговуючий персонал від враження електричним струмом та запобігти нещасним випадкам.

Для забезпечення електробезпеки на об'єкті необхідно:

- проводити регулярні інструктажі з персоналом: вступний інструктаж із дотримання правил техніки безпеки при прийомі на роботу, чергові інструктажі кожні півроку та цільові позачергові інструктажі перед виконанням особливо небезпечних робіт;
- встановити захисні огорожі та кожухи на струмоведучих частинах і механізмах, що обертаються;
- передбачити електромеханічне блокування на дверях шаф розподільчого пристрою, попереджувальні знаки про наявність напруги;
- забезпечити необхідні засоби захисту: діелектричні рукавиці, штанги, гумові килимки, переносні заземлювачі. Контролювати справність сигнальних ламп на шафах;

- регулярно вимірювати опір заземлювача трансформаторної підстанції;
- встановити пристрої захисного вимкнення в розподільчому пристрої для запобігання пробоїв на корпус та замикань на землю;

Ретельне дотримання цих вимог сприятиме належному захисту персоналу від ураження електричним струмом та загалом поліпшенню безпеки праці з електрообладнанням.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Автоматизована система обліку та управління енерговикористанням (АСУЕ) є важливим елементом оптимізації енергоспоживання. Функціонал АСУЕ охоплює прогнозування потреб в енергоресурсах, моніторинг їх витрат, аналіз даних для виявлення резервів економії, контроль параметрів обладнання та інші аспекти ефективного енергоменеджменту. Застосування АСУЕ дозволяє мінімізувати втрати та непродуктивні витрати енергоносіїв, скоротити витрати на їх виробництво і транспортування.

2. АСУЕ інтегрується з іншими інформаційними та виробничими системами для комплексної автоматизації управління енергетичним об'єктом. Впровадження АСУЕ є важливим кроком на шляху до енергоефективності промислових та комунальних підприємств.

3. Розвиток Smart Grid є стратегічним напрямком розвитку світової енергетики. "Інтелектуальні" мережі поєднують передові інформаційно-комунікаційні та енергетичні технології. Вони забезпечують широкий спектр можливостей – від моніторингу до автоматичного управління та самовідновлення. Загалом концепція Smart Grid є важливим інструментом модернізації енергосистеми для забезпечення її інноваційності, надійності, ефективності та стійкого розвитку.

4. Смарт-лічильники електроенергії є ключовим компонентом концепції інтелектуальних енергомереж Smart Grid. Вони забезпечують розширений функціонал порівняно зі звичайними приладами обліку. Завдяки можливостям дистанційного збору й аналізу даних, смарт-лічильники дозволяють оптимізувати процеси обліку, контролю споживання та розрахунків між споживачами й постачальниками електроенергії.

5. Важливою складовою ефективного функціонування інтелектуальних лічильників є надійні та безпечні канали передачі даних. З-поміж доступних

бездротових технологій комунікації найоптимальнішим рішенням, з огляду на співвідношення переваг, є технологія Wi-Fi.

6. Математичне моделювання є важливим інструментом дослідження та прогнозування складних систем і процесів в різних сферах, в тому числі в енергетиці. Розробка моделей включає комплекс етапів - від вивчення об'єкта до практичного застосування готової моделі. Використовуються індуктивний, дедуктивний та комбінований підходи. Для формалізації моделей застосовують математичний апарат. Існує багато типів моделей з різним рівнем деталізації процесів.

7. Серед методів аналізу даних і прогнозних розрахунків в енергетиці найбільш поширеними є кореляційно-регресійний аналіз та моделі часових рядів. Вони дозволяють з достатньою точністю прогнозувати рівні споживання енергоресурсів.

8. Підвищення енергоефективності досягається шляхом впровадження енергозберігаючих технологій, раціонального використання енергії, розвитку альтернативної енергетики. Зменшення енергоспоживання без втрати якості життя - можливо за рахунок оптимізації виробничих процесів, модернізації обладнання, будівництва енергопасивних будівель.

9. Забезпечення надійного, безперебійного енергопостачання, що задовольняє потреби споживачів на кожному етапі життєвого циклу об'єктів. Застосування сучасних інтелектуальних систем обліку та моделювання електроспоживання дозволяє реалізувати концепцію управління попитом в побутовому секторі. Використання багатотарифних схем обліку стимулює зміщення частини навантаження споживачів на години з більш низькими тарифами.

10. Оптимізація графіків роботи побутових електроприладів дає значний економічний ефект у вигляді зниження витрат на електроенергію в 2 і більше разів. Згладжування графіку електричних навантажень суттєво підвищує ефективність функціонування електромережі в цілому. Впровадження інтелектуальних систем керування попитом є стратегічно важливим напрямком розвитку електроенергетики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота магістра : метод. рекомендації до змісту, структури та оформлення кваліфікаційної роб. : для студ. спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков, К. Г. Петрова, Н. Ю. Гарасьова та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 74 с.
2. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньо-професійними програмами «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергетичний менеджмент» / [П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2017 - 48 с.
3. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.
4. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.]; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
5. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
6. Коцар О.В. Застосування АСКОВЕ для керування режимами електроспоживання в умовах функціонування ринку двохсторонніх договорів та балансуєного ринку // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. Видання наукове. – Київ, 2010
7. Рижко Б. Розроблення системи автоматизованого збору,

оброблення та аналізу даних на основі технологій Big Data [Текст] / Б. Рижко, П. Катін // Інфокомунікаційні системи та технології. – 2018. – № 2(2). – С. 37-41.

8. Коцарь О.В «Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням»: [електронне видання] /2017

9. Сценарний аналіз як системна методологія передбачення / М.З. Згуровський // Систем. дослідж. та інформ. технології. — 2002.

10. Monitoring / Genghuang Yang, Feifei Wang, Shigang Cui, Li Zhao // Advances in Electronic Engineering, Communication and Management. Vol. 2: Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2012.

11. Праховник А.В., Коцар О.В. Формування інформаційного забезпечення розрахунків за електричну енергію в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України // Енерг. и электрификация, 2009

12. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посібник / Г.Г. Півняк, С.У. Випанасенко, О.І. Хованська та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 214 с.

13. . Кириленко О.В., Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах / Кириленко О.В., Блінов І.В., Танкевич С.Є.; Технічна електродинаміка 2012, №3 – С. 47- 48.

14. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України. / Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В. Денисюк С.П.; Праці Інституту електродинаміки НАН України, 2011, Часина 1. – С. 5-20.

15. EPRI Smart Grid Demonstration Initiative. Two year update. – Electric Power Research Institute (EPRI). – USA, California, 2010.

16. . Р.О. Буйний. Використання інформації від АСКОЕ та нейронних мереж для розрахунку недовідпуску електричної енергії споживачам / Р.О. Буйний, В.В. Зорін, В.В. Козирський // Енергетика: економіка, технології,

екологія. – 2009. – № 2. – С. 82 – 86.

17. Находов В.Ф. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії/ В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, О.В. Тишко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2010. – № 3. – С. 51 – 58.

18. Вимоги Головного оператора системи комерційного обліку ОРЕ щодо складу, змісту та умов погодження технічних завдань, технічних, робочих та техноробочих проектів на створення автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) ОРЕ. Додаток до листа ДП «Енергоринок» від 13.06.2014 № 03/35-6204.