

**Туваржієв В.К.** к.т.н., с.н.с.  
Інституту загальної енергетики  
НАН України, м. Київ,  
**Голдасевич Є.Л.** к.ф.-м.н., доцент  
Академія муніципального  
управління, м. Київ

## **АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СТВОРЕННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОЕЛЕКТРОГЕНЕРАЦІЇ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ**

---

*В середовищі «інтелектуальних мереж» розглянуто проблеми автоматизованого управління комбінованими енергетичними системами, що можуть здійснювати надійне енергозабезпечення споживачів завдяки поєднанню в них різних джерел розподіленої генерації: паливних комірок, акумуляторів, когенераційних установок, джерел зі стохастичним характером генерації, фотоелектричних установок, вітрогенераторів. Показано, що сучасні накопичувачі енергії потужністю 25÷250 кВт з маневровими характеристикам доцільно використовувати в системах автономного електрозабезпечення окремих споживачів і не потужних груп об'єктів ЖКГ в електромережах напругою до 10 кВ.*

*В среде «интеллектуальных сетей» рассмотрены проблемы автоматизированного управления комбинированными энергетическими системами, которые могут осуществлять надежное энергообеспечение потребителей благодаря сочетанию в них различных источников распределенной генерации: топливных блоков, аккумуляторов, когенерационных установок, источников со стохастическим характером генерации, фотоэлектрических установок, ветрогенераторов. Показано, что современные накопители энергии мощностью 25÷250 кВт с маневренными характеристиками целесообразно использовать в системах автономного электрообеспечения отдельных потребителей и не мощных групп объектов ЖКХ в электросетях напряжением до 10 кВ.*

*The problems of the automated management in the environment of «intellectual networks» by the combined power systems which can perform reliable power supply of consumer due to combination in them various sources of the energy generation distributed, such as fuel units, accumulators, co-*

*generational power stations, sources with stochastic nature of generation, photo-electric devices, windmill generators are considered. It is shown that modern energy storage systems of 25÷250 kW capacity with manoeuvre ability are expedient to be utilized in the autonomous power supply systems of separate energy sinks and low-powered object groups of housing and communal services in the mains by voltage up to 10 kV.*

Бурхливий розвиток альтернативних джерел виробництва (генерації) теплової і електричної енергії, різноманітних накопичувачів енергії (НЕ), використання на практиці нових видів первинного палива, а також широке впровадження новітніх інформаційно-вимірювальних комплексів (ІВК) забезпечили умови прискореного розвитку сучасних децентралізованих систем теплоелектропостачання (ДТЕП). Концептуальні положення створення ДТЕП розробляються в технічних, економічних, юридичних та інших інститутах [1,2]. Розосереджена генерація енергії, яка переважно орієнтується на нові технології виробництва електроенергії, також включає в свою структуру і нові технології та обладнання, що пов'язані з акумуляцією енергії (АЕ) та її накопичуванням.

Найбільш традиційними цілями акумулювання енергії є управління навантаженням енергосистеми (ЕС) в періоди мінімальних і максимальних навантажень, узгодження графіку генерації енергії поновлюваними джерелами і роботи НЕ з графіком споживання, стабілізація частоти, підвищення стійкості окремої чи об'єднаної енергосистеми.

**Мета цієї статті** - окреслення головних проблем розвитку сучасних децентралізованих систем теплоелектропостачання, які потребують швидкого вирішення, зокрема:

- розробка оптимальних структур ДТЕП і визначення принципів їх сумісного функціонування,
- створення можливих структур відповідних ІВК, систем дистанційного управління обладнанням ДТЕП;
- визначення умов співпраці окремих ДТЕП з централізованими постачальниками палива, води, тепла і електроенергії.

Сумісне функціонування системи розподіленої генерації енергії, ІВК та систем дистанційного управління, сигналізації, передачі даних створює умови для розвитку перспективного інженерного об'єднання під назвою «інтелектуальні мережі» (ІМ). В країнах з розвинутою економікою ІМ уже використовуються в містах і окремих районах, в багатоповерхових будинках, в «розумних будинках», на окремих промислових підприємствах.

## Децентралізовані джерела генерації енергії

Автономні джерела постачання енергії (АДЕ) та різні НЕ все більше використовуються в житлово-комунальних господарствах, промислових та агропромислових підприємствах. АДЕ з НЕ є складовою частиною децентралізованої малої енергетики міста, мікрорайону, селища, окремих енергоспоживачів.

В якості АДЕ можливе використання двох-трьох джерел різних типів, які доповнюють одне одного позитивними властивостями. Сучасна схема інтелектуальної мережі виробництва, перетворення і споживання енергії надана у [2]. Використання альтернативних джерел електроенергії дозволяє не тільки знизити витрати, але й забезпечити безшумну роботу і зберегти екологію навколишнього середовища. На рис. 1 наведені можливі варіанти використання альтернативних джерел електроенергії, як при наявності вхідної електромережі, так і без неї.

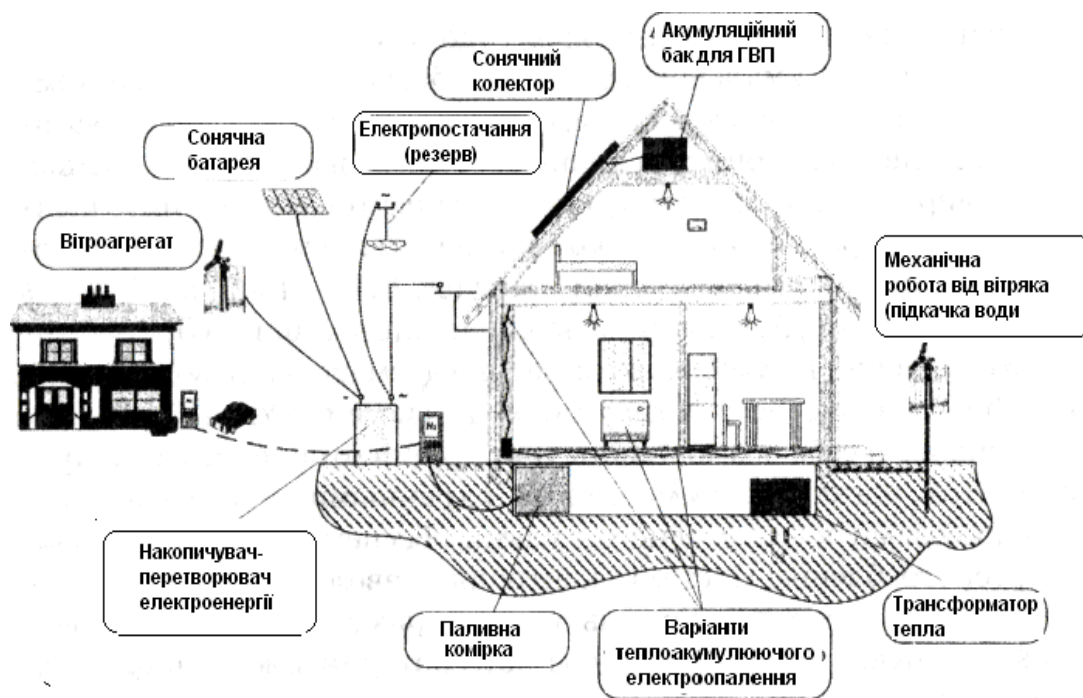


Рис. 1. Спрощена схема енергопостачання екологічного дому на базі мікроенергосистеми

При використанні вітрогенератора (ВГ) необхідно враховувати середньорічну швидкість вітру в регіоні установлення.

Якщо швидкість вітру від 3 до 5 м/с, то можна використовувати ВГ "Сапсан-1000" (приблизне середньомісячне вироблення  $\sim 200$  кВт · год.).

Якщо швидкість вітру понад 5 м/с, то можна використовувати ВГ "Сапсан-5000" (приблизне середньомісячне вироблення  $\sim 400$  кВт · год.) або ВГ "Бриз 5000" (приблизне середньомісячне вироблення  $\sim 700$  кВт · год.).

На теперішній час з розглянутих НЕ для експлуатації у децентралізованій та комунальній енергетиці найбільш підходять нові розробки - маховичні накопичувачі **Smart Energy 6** і **Smart Energy 25**, з обсягом енергії, що накопичується, до 6 і 25 кіловат-годин відповідно і з потужністю 200 кіловат, яка може ними поглинатися або вироблятися. Працюють вони як буфер, що компенсує різкі піки і падіння електроспоживання протягом доби. Втрата енергії, закачаної і пізніше забраної з цих накопичувачів, складає 2%, що помітно краще, ніж у систем збереження енергії, заснованих на інших принципах (хімічні акумулятори, буферні водоймища з насосами для підйому води і турбінами-генераторами). З 2000 року фірма Сименс випробовує маховик високих обертів потужністю 600 кВт на трамвайній лінії міста Кельн. Супермаховик може запасати енергію з концентрацією 1,4÷4,17 кВт · год/кг, що значно більше ніж інші накопичувачі: електрохімічні акумулятори, конденсатори, пружини. При створенні маховиків з концентрацією енергії до 50 кВт·год/кг застосовують надміцне (міцніше сталі) вуглецеве волокно, при виробництві якого використовуються нанотехнології.

### **Сонячний модуль виробництва фірми "SOLAR-IF" (м. Івано-Франківськ)**

Сонячний модуль або сонячна батарея - це декілька скріплених фотоелементів на каркасі з анодованого алюмінію, що закриті спеціальним загартованим склом товщиною 3мм з високим світлопроникненням (92%), захищеним подвійним ламінатом. Початковий матеріал - монокристалічний кремній. Призначення модуля - перетворення сонячної енергії в електричну. Сонячні модулі, залежно від кількості фотоелементів, бувають різної потужності: від 6 Вт до 110÷150Вт. Зазвичай потужність одного модуля становить 150 Вт. Розміри 150-ватного модуля приблизно 1585x805x34 мм, а вага приблизно 16 кг. Якщо встановити 150-ватний модуль, це не означає, що він видаватиме потужність 150 Вт. Все залежить від рівня освітленості, температури модуля (чим сильніше він нагрівається, тим менше його ККД), кута нахилу до напрямку потоку сонячної радіації. Наприклад, невелика хмарність знижує потужність модуля на 70 %, а щільна хмарність - на 90%. Оптимальна температура, при якій модуль працює найефективніше, складає 15-25°C .

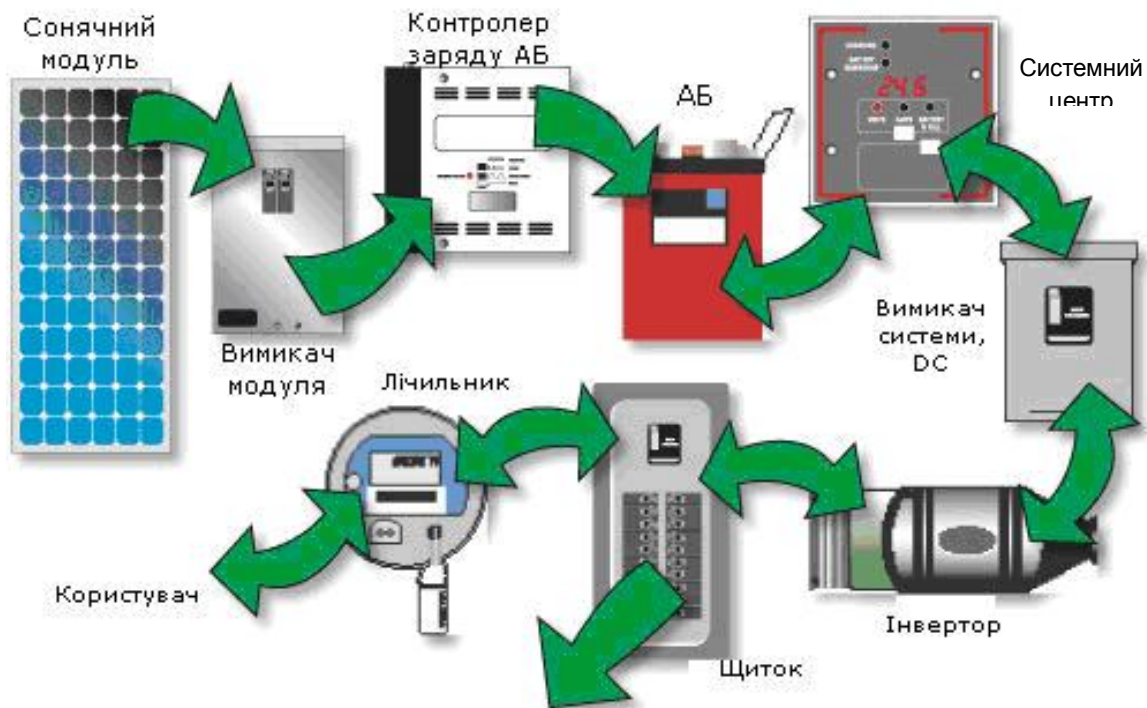


Рис. 2. Схема електропостачання від сонячного модуля

Втрати вихідної потужності модуля в жарку погоду можуть складати до 25 %. Рівень сонячної радіації в західних і центральних областях України забезпечує лише 50-70% номінальної потужності сонячного модуля залежно від пори року. В середньому модуль перетворює енергію сонця в електричну вдень, з 12-ї години до 15-ї години, тобто протягом 3-х годин, зберігаючи цю енергію в акумуляторах. Найефективніше використовувати сонячні модулі сумісно з іншими джерелами енергії, наприклад, вітрогенераторами потужністю 800 Вт (їх ціна становить приблизно 540 EUR).

Схема електропостачання від сонячного модуля зображена на рис. 2. Проект системи гарячого водопостачання багатоповерхового житлового будинку за рахунок сонячної енергії розроблено фахівцями ПНЕІ (Проблемний інститут нетрадиційних енерготехнологій і інжинірингу, м. Київ). Цей проект - оригінальна система гарячого водопостачання від сонячного модуля з дискретною зміною орієнтації сонячних колекторів для багатоповерхового житлового будинку (будинок на 24 поверхи і 122 квартири, має криту автостоянку й приміщення суспільного обслуговування). Витрата гарячої води на добу: на 122 квартири - 43920 л, на весь комплекс - 49400 л.

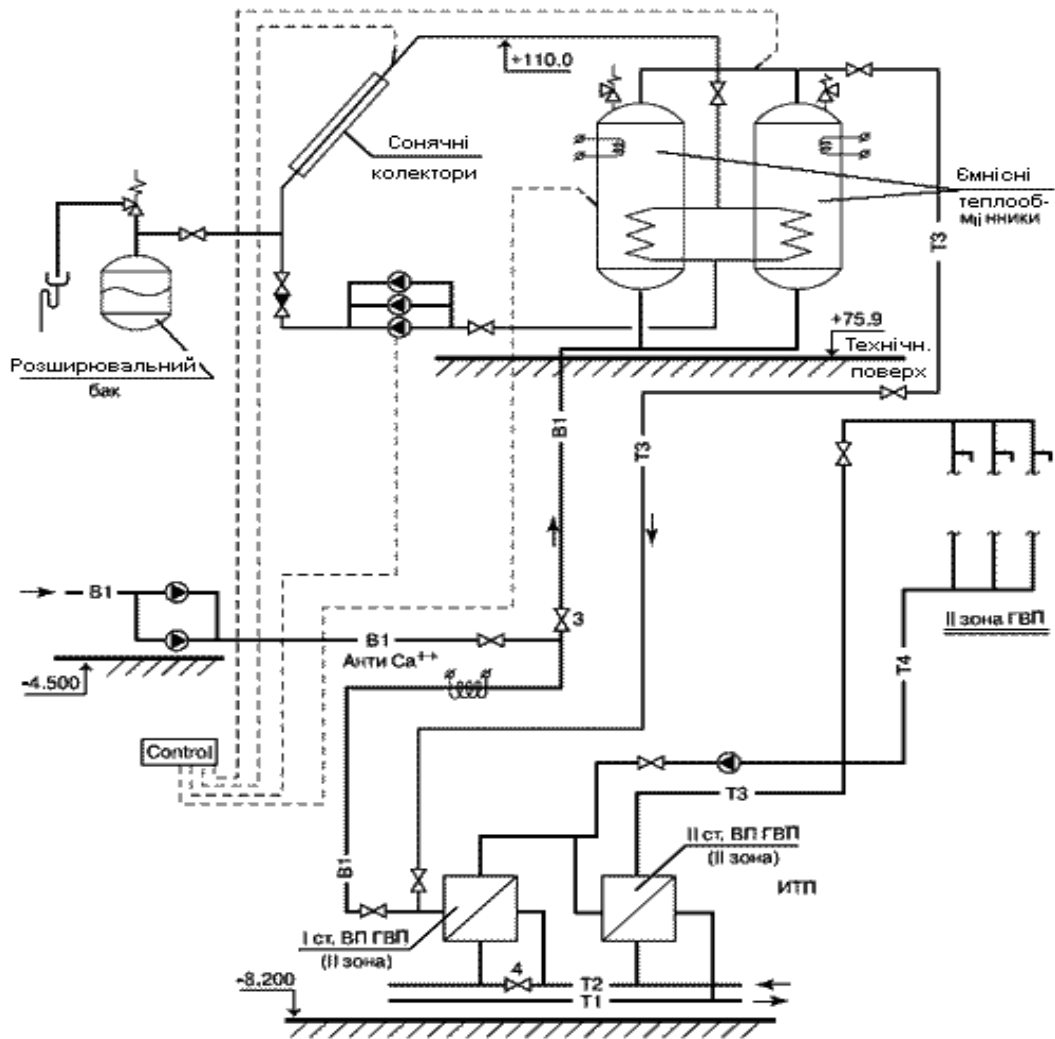


Рис. 3. Схема двоконтурної системи ГВП від сонячного модуля другої зони житлового будинку.

У розробленому проекті сонячна система підігріву холодної води розрахована на покриття теплового навантаження гарячого водопостачання в літній період під час профілактики теплових мереж і працює як система попереднього підігріву водопровідної води з подальшим її нагріванням від теплових мереж протягом опалювального й неопалювального періодів року. Будинок оснащений типовою двозонною системою гарячого водопостачання (ГВП) з окремими для кожної зони двоступінчастими теплообмінниками гарячої води, приєднаними до зовнішньої тепломережі. Загальні витрати тепла на підігрів води для системи ГВП улітку становлять 1,1 Гкал/добу. Схема розроблена у найбільш надійному - двоконтурному варіанті, а основне обладнання розраховано для системи ГВП із сонячним підігрівом (рис.3).

До складу геліоконтурі входять:

- сонячні засклені вискоєфективні плоскі колектори фірми Vissmann або колектори вітчизняного виробництва (технічне завдання на розробку таких виконано в інституті ПННЕІ), загальна поверхня колекторів -  $250 \text{ м}^2$ , продуктивність влітку складає  $0,89 \text{ Гкал}$  на добу;

- ємнісний теплообмінник із трубчастою поверхнею теплопередачі ( $F_{\text{заг}} = 38 \text{ м}^2$ ) і електронагрівачами:  $N_{\text{заг}} = 64 \text{ кВт}$ ;

- розширювальні мембранні баки:  $V = 250 \text{ л} \times 2 \text{ шт.}$ ;

- насос циркуляційний:  $Q = 7,5 \text{ м}^3/\text{год.}$ ,  $H = 7 \text{ м в. ст.}$ ;

- трубопроводи обв'язки й транзиту теплоносія;

- теплоносій - екологічно чистий і безпечний антифриз;

- бак збереження антифризу:  $V = 1,5 \text{ м}^3$ .

До складу контуру водопостачання входять:

- баки-акумулятори підігрітої води з екологічно чистим внутрішнім покриттям:  $V = 5 \text{ м}^3 \times 4 \text{ шт.}$ ;

- вода для підігріву з холодного міського водопроводу відповідної зони;

- апарат антинакипного захисту трубопроводів ємнісного теплообмінника.

Система автоматики передбачає роботу у двох режимах: при наявності й при відсутності централізованого теплопостачання.

I-й режим (основний протягом року): вода з холодного водопроводу заповнює об'єм баків, нагрівається теплоносієм геліоконтур (при наявності сонячної радіації) і подається для остаточного нагрівання у швидкісні теплообмінники відповідної зони.

II-й режим (літній, при відключенні від тепломережі): вдень нагрівання води здійснюється теплоносієм (антифризом) геліоконтур в ємнісному теплообміннику, уночі - електронагрівачами, вмонтованими в бак. Далі нагріта вода подається безпосередньо в систему ГВП споживачам.

Сонячні колектори (СК) I-ї зони розташовуються на покрівлі підземного паркінгу, баки-акумулятори ГВП - у підвалі, поруч з теплопунктом.

Сонячні колектори II-ї зони зібрані в конструкцію, яка нагадує трилисник, що тричі в день дискретно повертається в горизонтальній площині на  $30^\circ$  від меридіана, приймаючи послідовно орієнтацію на південний схід, південь і південний захід, щоб якомога ефективніше використати сонячну радіацію (рис.4).

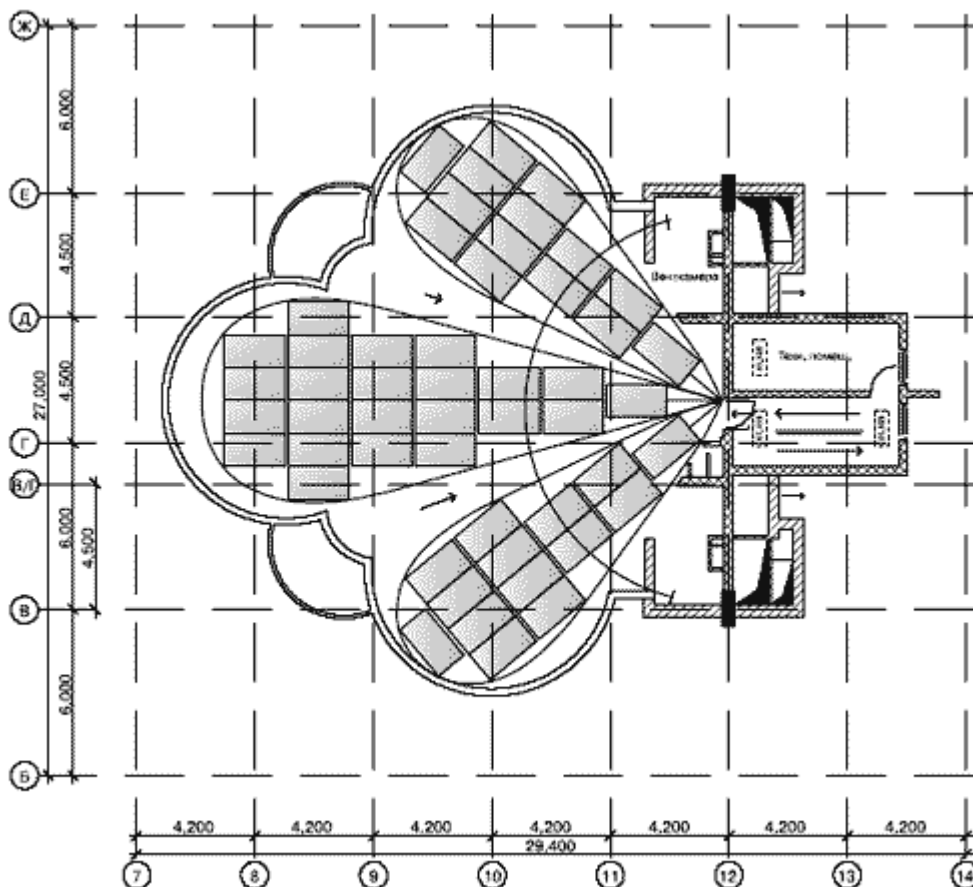


Рис. 4. План розташування сонячних колекторів на даху будинку

### **Сучасні інформаційно-вимірювальні комплекси для створення інтелектуальних мереж.**

Диспетчерське управління і збір даних в системах децентралізованої теплоелектрогенерації може проводитися відносно технологічних, інфраструктурних і обслуговуючих процесів. По суті своєї організації це є централізована або розподілена автоматизована система управління технологічними процесами – АСУ ТП.

Технологічні процеси включають вироблення і переробку енергії. Управління і збір даних може протікати в безперервному, пакетному, періодичному або дискретному режимах.

Інфраструктурні процеси можуть бути громадськими або приватними, і включають передачу і розподіл електроенергії, системи сигналізації і сповіщення, системи зв'язку.

Процеси у сфері обслуговування мають як приватну так і суспільну сторони. Вони контролюють і управляють тепlopостачанням, вентиляцією і кондиціонуванням повітря, а також доступом до енергоресурсів і



споживанням енергії на рівні комплексів будівель, окремих будинків і квартир.

Автоматизована система диспетчерського управління і збору даних зазвичай складається з наступних підсистем:

- Людино-машинний інтерфейс - інструмент, який надає дані про хід процесу людині (операторові), що дозволяє операторові контролювати процес і управляти їм.
- Диспетчерська система - збирає дані про процес і відправляє команди, що керують процесом (управління).
- Пристрій спряження з об'єктом (ПСО), або абонентський кінцевий блок, що під'єднується до датчиків процесу, який перетворює сигнал з датчика в цифровий код і відправляє дані в диспетчерську систему.
- Програмований логічний контролер (**PLC**, англ. *Programmable Logic Controller*), який використовується як польовий пристрій із-за економічності, універсальності і гнучкості. В архітектурі АСУ ТП контролери займають проміжне місце між рівнем датчиків і виконавчих механізмів і системами верхнього рівня управління процесом. Основна функція контролерів в системі – збір, обробка і передача на верхній рівень первинної інформації, а також вироблення дій, що управляють, згідно із запрограмованими алгоритмами управління і передача цих дій на виконавчі механізми.
- Комунікаційна інфраструктура для з'єднання диспетчерської системи з ПСО і **PLC**.

Протягом багатьох років обмін даними в АСУ ТП будувався по традиційній централізованій схемі, в якій був один потужний обчислювальний пристрій і величезна кількість кабелів, за допомогою яких здійснювалося підключення датчиків і виконавчих механізмів [3]. Така структура диктувалася високою ціною електронно-обчислювальної техніки і відносно низьким рівнем автоматизації виробництва. На сьогоднішній день у цього підходу практично не залишилося прихильників. Такі недоліки централізованих АСУ ТП, як великі витрати на кабельну мережу і допоміжне устаткування, складний монтаж, низька надійність і складна реконфігурація, зробили їх у багатьох випадках абсолютно неприйнятними як економічно, так і технологічно.

В умовах бурхливо зростаючого виробництва мікропроцесорних пристроїв альтернативним рішенням стали цифрові промислові мережі (Fieldbus), що складаються з багатьох вузлів, обмін між якими проводиться цифровим способом. На сьогоднішній день на ринку представлено близько сотні різних типів промислових мереж, протоколів і інтерфейсів, вживаних в системах автоматизації, серед яких Modbus, PROFIBUS, Interbus, Bitbus, CAN, LON, Foundation Fieldbus, Ethernet і ін.

Використання промислової мережі дозволяє розташувати вузли, в якості яких виступають контролери і інтелектуальні пристрої введення-виведення, максимально, наближено до кінцевих пристроїв (датчики і виконавчі механізми), завдяки чому довжина аналогових ліній скорочується до мінімуму. Кожен вузол промислової мережі виконує декілька функцій [3]:

- прийом команд і даних від інших вузлів промислової мережі;
- зчитування даних з підключених датчиків;
- перетворення отриманих даних в цифрову форму;
- відроблення запрограмованого технологічного алгоритму;
- видача керуючих дій на підключені виконавчі механізми по команді іншого вузла або згідно з технологічним алгоритмом;
- передача накопиченої інформації на інші вузли мережі.

АСУ ТП на базі розподілених промислових мереж в порівнянні з традиційними централізованими системами мають декілька особливостей:

1. Суттєва економія кабельної продукції: замість кілометрів дорогих кабелів потрібно лише декілька сотень метрів дешевої витої пари. Також скорочуються витрати на допоміжне обладнання (кабельні канали, клеми, шафи).

2. Підвищення надійності системи управління. По надійності цифровий метод передачі даних набагато перевершує аналоговий. Передача сигналів в цифровому виді малочутлива до перешкод і гарантує доставку інформації завдяки спеціальним механізмам, вбудованим в протоколи промислових мереж (контрольні суми, повтор передачі пошкоджених пакетів даних). Підвищення надійності функціонування і живучості АСУ ТП на базі промислових мереж також пов'язане з розподілом функцій контролю і управління по різним вузлам мережі. Вихід з ладу одного вузла не впливає, або впливає несуттєво на відроблення технологічних алгоритмів в решті вузлів. Для критично важливих технологічних ділянок можливе дублювання ліній зв'язку або наявність альтернативних каналів передачі інформації. Це дозволяє зберегти працездатність системи в разі пошкодження кабельної мережі.

3. Гнучкість і здатність до модифікації. Додання або видалення окремих точок введення-виведення і навіть цілих вузлів вимагає мінімальної кількості монтажних робіт і може проводитися без зупинки системи автоматизації. Переконфігурація системи здійснюється на рівні програмного забезпечення і також займає мінімальний час.

4. Використання принципів відкритих систем, відкритих технологій, що дозволяє успішно інтегрувати в єдину систему елементи, модулі і вузли від різних виробників.

У 1978 році Міжнародною організацією по стандартизації (ISO) на противагу закритим мережевим системам і з метою вирішення проблеми

взаємодії відкритих систем з різними видами обчислювального устаткування і стандартами протоколів, що розрізняються, була запропонована «Описова модель взаємозв'язку відкритих систем» (OSI-модель, ISO/OSI Model) [4]. Модель ISO/OSI розподіляє мережеві функції по семи рівнях.

- 7 Прикладний рівень (Application Layer)
- 6 Рівень подання (Presentation Layer)
- 5 Сеансовий рівень (Session Layer)
- 4 Транспортний рівень (Transport Layer)
- 3 Мережевий рівень (Network Layer)
- 2 Канальний рівень (Data Link Layer)
- 1 Фізичний рівень (Physical Layer)

На фізичному рівні визначаються фізичні характеристики каналу зв'язку і параметри сигналів, наприклад, вид кодування, частота передачі сигналів, довжина і тип лінії, тип штекерного роз'єму і так далі. Найбільш поширений стандарт 1 рівня fieldbus – це інтерфейс RS-485.

Канальний рівень визначає правила спільного використання фізичного рівня вузлами мережі. Мережевий рівень відповідає за адресацію і доставку пакета по оптимальному маршруту. Транспортний рівень розбирається з вмістом пакетів, проводить розподіл і збирання пакетів.

Сеансовий рівень координує взаємодію між вузлами мережі.

Рівень подання займається, при необхідності, перетворенням форматів даних.

Прикладний рівень забезпечує безпосередню підтримку прикладних процесів і програм кінцевого користувача, управління взаємодією цих програм з різними об'єктами мережі передачі даних.

Все, що є вищим за 7-й рівень моделі,- це задачі, що вирішуються в прикладних програмах.

На практиці більшість промислових мереж (fieldbus) обмежуються лише трьома рівнями, а саме: фізичним, канальним і прикладним. Найбільш «просунуті» мережі вирішують основну частку задач апаратно, залишаючи програмний прошарок тільки на сьомому рівні. Дешеві мережі (наприклад, ModBus) часто використовують на фізичному рівні інтерфейси RS-232 або RS-485, а решту задач, починаючи з канального рівня, вирішують програмним шляхом. Як виняток, існують протоколи промислових мереж, що реалізують всі сім рівнів OSI-моделі, наприклад LonWorks.

Велика різноманітність відкритих промислових мереж, інтерфейсів і протоколів пов'язано з різноманітним вимогам технологічних процесів, що

автоматизуються. Ці вимоги не можуть бути задоволені універсальним і економічно оптимальним рішенням. Зараз вже очевидно, що жодна з існуючих мереж не може стати єдиною, поховавши всі інші.

Коли обговорюється питання про вибір типу промислової мережі, необхідно уточнювати, для якого саме рівня автоматизації цей вибір здійснюється [3]. Залежно від місця мережі в ієрархії промислового комплексу вимоги до її функціональних характеристик будуть різні.

Ієрархія АСУ промисловим комплексом зазвичай представляється у вигляді триповерхової піраміди:

1. Рівень управління комплексом (верхній рівень).
2. Рівень управління технологічним процесом.
3. Рівень управління пристроями.

На рівні управління комплексом розташовуються звичайні IBM PC-сумісні комп'ютери і файлові сервери, об'єднані локальною мережею. Завдання обчислювальних систем на цьому рівні - забезпечення візуального контролю основних параметрів виробництва, побудова звітів, архівація даних. Об'єми даних, що передаються між вузлами, вимірюються мегабайтами, а часові показники обміну інформацією не є критичними.

На рівні управління технологічним процесом здійснюється поточний контроль і управління або в ручному режимі з операторських пультів, або в автоматичному режимі по закладеному алгоритму. На цьому рівні виконується узгодження параметрів окремих ділянок виробництва, відроблення аварійних і передаварійних ситуацій, параметризація контролерів нижнього рівня, завантаження технологічних програм, дистанційне керування виконавчими механізмами. Інформаційний кадр на цьому рівні містить, як правило, декілька десятків байтів, а допустимі часові затримки можуть складати від 100 до 1000 мілісекунд залежно від режиму роботи.

На рівні управління пристроями розташовуються контролери, що здійснюють безпосередній збір даних від датчиків і управління виконавчими пристроями. Розмір даних, якими контролер обмінюється з кінцевими пристроями, зазвичай складає декілька байтів при швидкості опитування пристроїв не більше 10 мс.

Наявність розвинених мережевих засобів дозволяє поєднувати контролери в єдину мережу, причому різні вузли (контролери, інтелектуальні модулі введення-виведення, комп'ютери) цієї мережі можуть бути рознесені один від одного на досить великі відстані.

Така розподілена архітектура системи управління має наступні переваги:

- Висока надійність роботи системи. Чіткий розподіл обов'язків в розподіленій системі робить її працездатною навіть при виході з ладу або «зависання» будь-якого вузла. При цьому працездатні вузли продовжують

здійснювати збір даних і управління процесом, або здійснюють послідовний останов технологічного устаткування.

- Мала кількість дротяних з'єднань. Контролери можуть працювати у важких промислових умовах, тому вони, як правило, встановлюються в безпосередній близькості від об'єкту управління. У зв'язку з цим суттєво знижується витрата кабельної продукції, а для організації мережі, як правило, достатньо всього двох або чотирьох проводів.

- Легка розширюваність системи. При появі додаткових точок контролю і управління досить додати в систему новий вузол (контролер, інтелектуальний модуль введення-виведення).

- Малі терміни проведення модернізації. Найбільший вигравш досягається при модернізації великих систем, оскільки значна частина апаратних засобів і програмного забезпечення не вимагає модифікації.

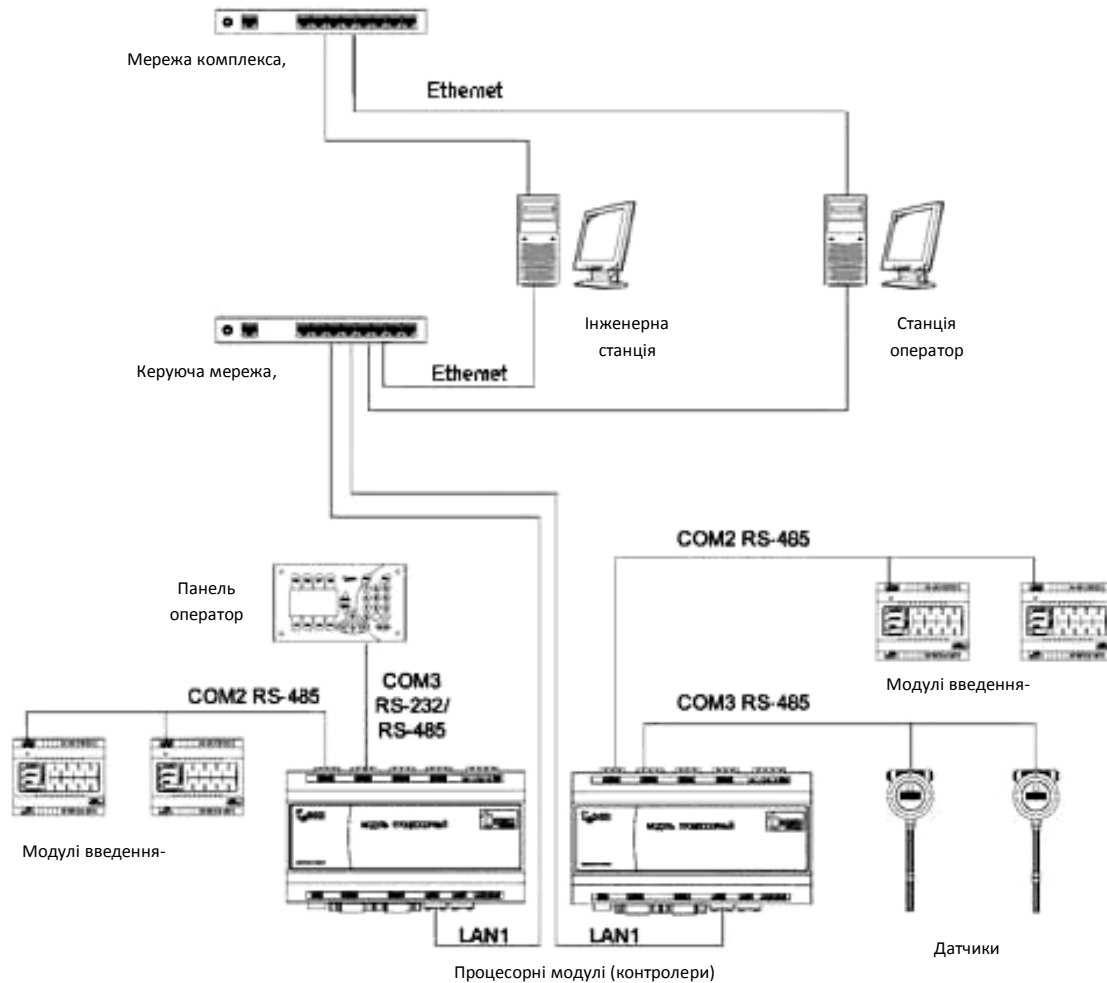
- Використання комп'ютерів і контролерів меншої потужності.

- Легкість тестування і відладки. Оскільки всі елементи системи активні, легко забезпечити самодіагностику і пошук несправностей.

На рис.5 представлена схема одного з можливих варіантів побудови розподіленої автоматизованої системи управління на основі інтелектуальних модулів. Приклад побудови розподіленої системи управління (PCY), відображеної на рис. 5, є дворівневою мережевою структурою.

Перший рівень реалізований за допомогою мережі Ethernet, що дозволяє об'єднати програмовані контролери і операторські станції. Роль програмованих контролерів виконують процесорні модулі з модулями введення-виведення. Така мережа дозволяє об'єднати технологічні контролери різних типів, сервери технологічних баз даних, операторські і інженерні станції. При цьому до процесорних модулів (контролерів) системи можна підключити різні зовнішні периферійні пристрої через послідовні інтерфейси RS-232/RS-485 або по мережі Ethernet. Ця структура повною мірою використовує великі комунікаційні можливості системи інтелектуальних модулів, що дозволяють за допомогою стандартних інтерфейсів і протоколів підключитися до обчислювальних засобів верхнього рівня (у тому числі сторонніх інформаційних і керуючих систем).

Другий рівень PCY реалізований на основі польової шини RS-485. До польової шини можуть підключатися модулі введення-виведення, інтелектуальні датчики і інші пристрої. Польова мережа може будуватися з використанням декількох ліній передачі даних. Наприклад, модулі або пристрої, які повинні опитуватися швидко, виділяються в окрему мережу.



**Рис. 5. Схема побудови розподіленої системи управління на базі інтелектуальних модулів**

Сучасні процесорні модулі (контролери) дозволяють прямо, без перетворювачів, підключати необхідну кількість інтерфейсів RS-485. Модулі введення-виведення можуть розташовуватися в спільній монтажній шафі з контролером (процесорним модулем) або розташовуватися на значній відстані від нього.

Нині існує великий вибір контролерів, що дозволяють будувати РСУ. Серед них контролери КРОС і комплекс польових приладів ТРАСА (ВАТ «ЗЭиМ», м. Чебоксари, Росія), комплекс Деконт (фірма «ДЭП», м. Москва), Теконик (АТ «Текон», м. Москва), DCS-2000 (ЗАТ «Емикон», м. Москва), СИКОН (фірма «КОК», м. Москва), ЭЛСИ-2000 (фірма «ЭлеСи», м. Томськ, Росія), ADAM-4000, 5000, 6000 (Advantech), I-7000, 8000 (ICP DAS), мережеві контролери фірм Siemens, Analog Device і ін.

Останнім часом структура систем управління, що розглядаються, істотно ускладнилася. При такому ускладненні стираються чіткі грані між різними рівнями. Це пов'язано з проникненням Internet/Intranet-технологій

в промислову сферу, а також, із значними успіхами промислового Ethernet. Крім того, поява інтелектуальних датчиків і виконавчих механізмів, а, також, інтерфейсів для зв'язку з ними фактично означає появу четвертого, самого нижнього рівня АСУ ТП – рівня мережі кінцевих пристроїв.

#### Автоматизована система керування «КВАНТ -2000»

«КВАНТ-2000» є гнучким інструментом для створення масштабованих інформаційно-вимірювальних комплексів. У структурі комплексу можна виділити дві системи:

- 1) прийому-передачі та обробки інформації,
- 2) контролю та обліку енергоресурсів.

Програмне забезпечення верхнього рівня призначено для збору, обробки, збереження і передачі телеметричної інформації на більш високі рівні ієрархії системи.

Масштабованість комплексу досягається за рахунок можливості каскадування систем, коли верхній рівень підсистеми є нижнім рівнем наступної ступені ієрархії.

Модульність систем і можливість автономної роботи складових дозволяє побудувати, у точній відповідності з поставленими задачами, комплекс із максимальним використанням його ресурсів.

Спочатку системи комплексу були окремими напрямками автоматизації. Тому, незважаючи на їхню тісну інтеграцію в «КВАНТ-2000», існує можливість їх роздільного використання. Однак, у даний час такий поділ є неефективним, і для досягнення максимального результату ПО "КИЇВПРИЛАД" використовує комплексний підхід, а, також, програмне забезпечення АСКОЕ – автоматизованої системи контролю і обліку енергоресурсів, яке призначено для автоматизації контролю і обліку споживання електроенергії промисловими підприємствами і створення можливості технічного та оперативного керування енергогосподарством.

Інтеграція всього переліку задач дозволяє знайти оптимальні рішення як для будь-якого промислового підприємства, так і для контролюючих і енергопостачальних організацій.

Сучасна апаратно-технічна база всіх рівнів складає міцний фундамент комплексу. Гнучкість системи забезпечується застосуванням технічних і програмних рішень, які дозволяють розширювати спектр задач і функцій апаратних і програмних складових комплексу.

АРМ Телемеханіка. Ця програма є ядром центральної приймально-передавальної станції (ЦППС) і призначена для організації інтерфейсу оператора з процесами обробки телемеханічної (ТМ) інформації і її збереження. АРМ забезпечує сполучення з технічними засобами верхнього рівня та віддаленим терміналом. У функції програми також входить:

- настроювання системи на реальні об'єкти автоматизації (прив'язка);
- конфігурування та адміністрування системи обробки ТМ інформації;
- контроль і діагностика стану устаткування;
- статистична і математична обробка, збереження інформації в базі даних;
- формування розрахункових значень параметрів на основі двох і більше вимірювань.

АРМ Диспетчера. Програма призначена для організації диспетчеризації телемеханізованих об'єктів і обробки телемеханічної інформації. Основним матеріалом є інформація з бази даних, що надходить від "АРМ Телемеханіка".

З призначення програми випливає, що основною функцією АРМ є інтелектуальне оброблення (логічні, математичні та статистичні операції) і відображення результатів у режимі, що забезпечує оперативний контроль і керування устаткуванням. Для реалізації цієї задачі програма виконує наступні функції:

- відображення поточного стану об'єктів, ресурсу обладнання у табличній формі, на графіках, оперативних схемах;
- формування відомості переключень, визначення місця ушкодження лінії, ведення журналу релейного захисту.

АРМ Диспетчера АСКОЕ. Програма призначена для організації та контролю процесу збору даних, первинної обробки прийнятої інформації, оперативного контролю параметрів обліку і ведення архіву зміни параметрів зі збереженням у базі даних. Крім того, за допомогою програми виробляється адміністрування АСКОЕ та прив'язка системи до реального об'єкту автоматизації. Програма виконує наступні функції:

- формування списку опитуваних віддалених станцій;
- опитування віддалених станцій в автоматичному циклі;
- настроювання каналів зв'язку, порядку і параметрів опитування;
- діагностика; обробка отриманих даних і результатів діагностики;
- попередження про наближення до ліміту і перевищення ліміту споживаної потужності;
- результати даних про енергоспоживання у вигляді графіків та таблиць за добу, місяць.

АРМ Енергетика. Програма призначена для оперативного контролю параметрів енергоспоживання підприємства та окремих підрозділів відділом головного енергетика. Інформація з бази даних сервера АСКОЕ надає можливість аналізу і планування роботи енергоспоживача та підприємства в цілому. Програма виконує наступні функції:

- можливість сортування даних по напрямках обліку (підрозділам), типу даних;



- розрахунок параметрів споживання в залежності від способів тарифікації;

- відображення даних у реальному масштабі часу, збереження інформації в базі даних;

- доступ до даних по мережі INTERNET - експорт даних у формат MS Excel.

АРМ Релейщика. Це могутній інструмент для контролю за ходом роботи і настроювання довільної кількості мікропроцесорних релейних захистів (МРЗ) різних типів. Програмне забезпечення АРМ побудоване по модульному принципу. При цьому протокол обміну з пристроєм МРЗ підключається як окремий файл-модуль без зміни програми, яка забезпечує:

- формування виду інтерфейсу програми користувачем;

- можливість експорту даних у Excel, виведення даних на принтер;

- ведення бази даних з історією подій;

- перегляд аварійних масивів у виді осцилограм і векторних діаграм.

АРМ Звітів. Програма формування фінансових звітів є складовою частиною АСКОЕ (використовуються графіки з архіву) і входить у програмне забезпечення АРМ Енергетика. При цьому задаються: вид схеми електропостачання підприємства, група обліку, тип тарифікації і її коефіцієнти для кожної групи. Програма дозволяє:

- одержувати звіт у форматі MS Excel, що являє собою рахунок за спожиту підприємством електроенергію, а також:

- виконувати включення комерційних лічильників зі знаком «+» чи «-»;

- обирати розрахунковий період (початкова і кінцева дати);

- змінювати вихідні дні ( суботи, свята) протягом розрахункового періоду;

- ручне введення для нетелемеханізованих об'єктів обліку.

## **Висновки**

1. Комбіновані ЕС можуть здійснювати надійне енергозабезпечення споживачів завдяки поєднанню в них різних джерел розподіленої генерації: паливних комірок, акумуляторів, когенераційних установок і джерел зі стохастичним характером генерації, фотоелектричних установок і вітрогенераторів .

2. Сучасні накопичувачі енергії потужністю 25÷250 кВт з маневровими характеристикам (швидкодія зарядження - хвилини; включення в режим розрядження - секунди) доцільно використовувати в системах автономного електрозабезпечення окремих споживачів і не потужних груп об'єктів ЖКГ в мережах напругою до 10 кВ.

3. В якості інформаційно-вимірювальних комплексів, функціонуючих в середовищі «інтелектуальних мереж», можна використовувати різноманітні засоби і системи: від простих АСУ типу «Квант», АСКОЕ до найсучасніших систем диспетчерського управління і збору даних типу «SCADA» з інтелектуальними модулями, у відповідності до складності комбінованої енергосистеми.

*Використані джерела інформації:*

1. Распределенная генерация: перспективы и проблемы.//Вся власть – народу. Решение совместного совещания Координационного Совета по техническим наукам РАН и РАО «ЕЭС России». Москва, 12 мая 2000 г.
2. Ichikawa T., Rehtanz Ch. Recent Trends in Distributed Generation – Technology, Grid Integration, System Operation, Proc. Of 14<sup>th</sup> Power Systems Computation Conference, Sevilla, 2002.
3. Кругляк К. Промышленные сети: цели и средства // Современные технологии автоматизации.- 2002.- № 4.- С. 6 – 17.
4. Райс Л. Эксперименты с локальными сетями микроЭВМ/ Пер. с англ.- М.: Мир, 1990.- 268 с.

*Рецензент: д.т.н. Федій В.С.*