

## РОЗВИТОК СИСТЕМИ SMART METERING В КОНЦЕПЦІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ SMART GRID

Попадченко С. А., Дудніков С. М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Досліджені тенденції розвитку системи smart metering в концепції розвитку інтелектуальних мереж електропостачання.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні за умови прийняття Закону України від 13. 04. 17 р. № 2019-VIII "Про ринок електричної енергії" відповідно до якого буде реформовано ринок електроенергії, виникла необхідність перегляду методів визначення втрат електроенергії та вдосконалення засобів їх зменшення.

В першу чергу – це необхідність адаптації до вимог балансуєчого ринку електроенергії за двосторонніми договорами, а також інтенсивний розвиток Smart Grid технологій [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В даний час в світі активно розробляються, проходять випробування і впроваджуються окремі технології "розумних мереж".

Європа, США, Китай і інші країни вкладають мільярди доларів і євро в розвиток інтелектуальної енергетики, позначаючи в якості орієнтира скорочення викидів вуглекислого газу, підвищення надійності енергопостачання, появу нових високотехнологічних виробництв і робочих місць [4].

Сучасні автоматизовані системи обліку електроенергії – Smart Metering є одною із складових Smart Grid. У більшості країн із розвинутою ринковою економікою проблеми підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів і регулювання енергонавантаження реалізуються шляхом упровадження автоматизованих систем управління енергоспоживанням.

У світовій практиці подібні системи мають позначення "AMR systems" (Automatic Meter Reading – система автоматичного зчитування показань лічильників) та більш досконалі системи – АММ (Automated Meter Management) і АМІ (Automated Meter Infrastructure), що дають змогу управляти режимом енергоспоживання. Ці системи об'єднують діяльність учасників ринку електроенергії з виробниками сучасного електротехнічного устаткування, законодавцями та регуляторами оптимізації діяльності як на ринках електроенергії, так і в електроенергетичній та житлово-комунальній, транспортній та інших галузях кожної країни. Зазначені системи встановлено в електромережах більшості європейських країн і за межами Європи – у Єгипті, Африці, Австралії, Новій Зеландії, на Близькому й Далекому Сході та в ряді країн, що розвиваються.

Пристрої систем обліку Smart Metering містять у собі ряд різних технологій, таких як зчитування, нагромадження і запам'ятовування інформації в режимі реального часу та оповіщення про втрати енергії і моніторинг якості комунальних послуг. Відмінною

рисою "інтелектуальності" є наявність мікроконтролерів з незалежним живленням протягом 5–10 років і радіоканалів комунікацій на передавання та приймання інформації.

Основна ціль модернізації у всіх країн загальна: комунальні підприємства прагнуть до скорочення операційних витрат в боротьбі за прибутковість і роблять ставку на підвищення ефективності роботи за рахунок сучасних технологій.

Досягнення цих цілей планується за рахунок наступних характеристик системи обліку енергоресурсів, побудованої на базі технології Smart Metering:

- інтервальний облік потужності (30 ... 60 хв з можливістю установки довільного періоду інтеграції потужності);
- відстеження перевищення лімітів навантаження споживачів;
- вимірювання параметрів якості електроенергії (значення напруги, частота, тривалість провалу напруги, глибина провалу напруги, тривалість перенапруги);
- активне використання зв'язку з приладами обліку по силовій лінії (ПЛК);
- мінімальний період опитування приладів обліку (загально будинкових, підприємств) - 15 хв;
- віддалене (централізоване) управління приладами обліку, зокрема, обмеження / відключення;
- надання даних користувачеві через Web-інтерфейс (включаючи перегляд даних через мобільні пристрої) [4].

Але концепція Smart Grid фокусується не на модернізації окремих технологій і обладнання, а на перегляді принципів розвитку і створення нового, інноваційного за характером технологічного базису електроенергетики.

У США і Європейському союзі рішення цих проблем передбачається шляхом створення якогось нормативного поля, який формується у вигляді широкої системи стандартів вимог до функцій, елементів, пристроїв, системи взаємодій і т. д. В рамках цих нормативних актів розробникам і виробникам надані право і можливість створення пропозицій, а користувачам (енергетичним компаніям і споживачам) - право формування "своєї" Smart Grid, як вони її для себе бачать.

В США, були сформовані п'ять груп базових технологічних областей, які потребують інноваційного розвитку:

- вимірювальні прилади і пристрої, що включають в першу чергу smart-лічильники і smart-датчики;
- вдосконалені методи управління: розподілені інтелектуальні системи управління і аналітичні ін-

струменти для підтримки комунікацій на рівні об'єктів енергосистеми, що працюють в режимі реального часу, що дозволяють реалізувати нові алгоритми і методики управління енергосистемою, включаючи управління її активними елементами;

– вдосконалені технології і компоненти електричної мережі: гнучкі системи передачі на змінному струмі FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems, англ.), передачі постійного струму, надпровідні кабелі, мікромережі (microgrids, англ.), напіпровідникова силова електроніка, накопичувачі електричної енергії та ін.;

– вдосконалені інтерфейси і методи підтримки прийняття рішень - технології і інструменти, що забезпечують перетворення даних, які отримані від різних об'єктів енергосистеми, в інформацію для прийняття рішень інтелектуальними агентами;

– інтегровані комунікації, які дозволяють елементам перших чотирьох груп забезпечувати взаємозв'язок і взаємодію один з одним, що і являє, по суті, Smart Grid як технологічну систему [2, 3].

**Мета статті.** Аналіз розвитку системи Smart Metering як складової частини Smart Grid.

**Основні матеріали дослідження.** Завдання інтелектуальних мереж і технологічні вимоги до них істотно розрізняються при передаванні і розподіленні електроенергії.

У передавальних мережах вже сьогодні існує задовільна комунікаційна інфраструктура, найчастіше вона знаходиться у власності компаній, що експлуатують мережі. Тут головне завдання - посилення мереж, щоб без ризиків транспортувати нові потужності від електростанцій до центрів навантаження.

Результати досліджень підтверджують, що інтелектуальні лічильники електроенергії отримали широке визнання в якості важливого інструменту для розвитку Smart Grid.

В Україні ж збір інформації про споживання і стан мережі відбувається з великими затримками, не кажучи вже про можливість віддаленого управління. На даний час свідчення збираються і передаються працівниками енергозбутових компаній. Тому необхідно зменшити обсяг інвестицій в утримання зайвої інфраструктури та запропонувати нічний тариф з істотно більш дешевою енергією. Маючи багатотарифний розумний лічильник, люди зможуть скористатися цією пропозицією. Розподіл навантаження в мережі протягом доби дозволить обленерго задовольняти потреби клієнтів без розширення і оновлення інфраструктури, обслуговування якої коштує величезних грошей. Розумне управління дозволить Україні позбутися від вимушених відключень електроенергії. Адже ресурс кожної підстанції відомий. Фахівці зможуть прогнозувати навантаження на неї. Маючи на руках поточні дані з лічильників, можна передбачити, що через годину при різкому збільшенні споживання підстанція відмовить. Цього можна буде легко уникнути, відключивши на час частина другорядних об'єктів. Варто зазначити, що важливим фактором є те, що несанкціоноване проникнення можна легко визначити і віддалено відключати порушників. Точний облік електроенергії дозволяє позбавлятися від її перевиробництва. У розвинених країнах прогнозування споживання

в мережі на наступний день відбувається з точністю близько 98%. Якщо вдасться досягти 99%, то вартість електрики впаде вдвічі. Невизначеності розрахунками поки додає альтернативна енергетика.

Членство України в Енергетичному Співтоваристві вимагає приведення енергетичної системи України в повну відповідність до загальностановлених стандартів безпечного та ефективного функціонування систем транспортування та постачання електроенергії, автоматизації режимно-диспетчерського управління, впровадження сучасних систем противарійної автоматики і захисту, систем обліку та управління енергоспоживанням, розвитку систем моніторингу технологічних і природно-кліматичних процесів та активного впровадження напрямів Європейської Концепції "інтелектуальної" електроенергетичної системи.

Із урахуванням зазначеного потребують уваги розроблення та реалізація в електроенергетиці України ключових напрямів розвитку систем "інтелектуальних" електромереж (ІЕМ) електроенергетичної галузі від магістральних електромереж і до рівня споживача, які мають здійснюватися шляхом удосконалення традиційних і створення принципово нових характеристик енергосистеми. Поступовий перехід ОРЕ України від моделі ринку "єдиного покупця" до ринку двосторонніх договорів і балансуєчого ринку (РДДБР) вимагає створення повноцінного балансуєчого механізму, спроможного забезпечити ефективне управління режимами генерації й споживання електроенергії в реальному часі. Запровадження РДДБР відкриває споживачам широкі можливості щодо ефективного використання електроенергії та отримання при цьому максимальної економії під час розрахунків за спожиту електроенергію за умови адаптивного управління режимами електроспоживання та активної участі споживача в оптимізації електричного навантаження енергосистеми [7].

На шляху до розвитку технологій розумних мереж в передавальних мережах необхідний розумний менеджмент дефіциту, щоб уникати перевантажень ліній. Необхідно здійснити кардинальні зміни в техніці захисту і автоматики мереж.

Адаптивний захист передбачає, що уставки узгоджуються зі станом мережі, щоб поліпшити селективність і разом з тим уникнути помилкових спрацьовувань.

На зміну морально застарілим приладам обліку в світі приходять "інтелектуальна" система обліку енергоресурсів Smart Metering (розумні вимірювання - англ.), здатна на якісно новому рівні надійності забезпечити:

- вимір енергетичних ресурсів;
- управління та контроль за їх постачанням, транспортуванням і споживанням;
- автоматизовану передачу, обробку та надання інформації про споживання ресурсів;
- формування ситуаційних баз даних про енергоспоживання з елементами інформаційної підтримки задач управління споживанням енергоресурсів і ряд інших завдань.

В Україні Smart Metering реалізується як АСКОЕ (автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії). В ході реалізації концепції впровадження

технологій Smart Grid і її складової Smart Metering на часі необхідно створити автоматизовану інформаційно-вимірювальну систему обліку електроенергії. Вона буде складатися з приладів обліку електроенергії, встановлених на межі балансової належності з дрібномоторними і побутовими споживачами в приватному секторі і багатоквартирних житлових будинках (при необхідності - на об'єктах споживача), пристроїв збору даних, що встановлюються на трансформаторних підстанціях, а також центру збору та обробки даних. Це забезпечить прозорість і оперативність фіксації споживання, передачі даних про споживання в білінгові системи, моніторингу стану засобів обліку, формування балансів розподілу і споживання електроенергії по ділянках мережі в реальному часі, а також можливість віддаленого обмеження споживачів у відповідності з заявками енергозбутової компанії.

Розповсюдження використання індивідуальних приладів обліку (розумних і звичайних індукційних), використання нових каналів комунікації - через пошту, SMS, Інтернет набагато збільшує кількість інформації, що надходить про енергоспоживання. Індустріальний сектор також застосовує все більш системи АСКОЕ з метою поліпшити контроль над енерговитратами.

Таким чином, створюються необхідні передумови для переходу до Smart Metering - першому і дуже важливого кроку на шляху до розумних мереж.

Але енергетичні і виробничі та торговельні компанії не підготовлені на даний час до такої кількості збільшеної інформації. Тому не завжди в змозі впоратися з нею, перш за все, через недостатню розвиненість своєї інфраструктури - програмної і апаратної. Фактично енергокомпаніям потрібно змінити уявлення про свою ІТ-інфраструктуру і, в першу чергу, про комплекс існуючих протоколів. Їм потрібні нові протоколи для роботи з енергоданими, управління споживачами і мережами [6].

Основні ознаки інтелектуальних приладів обліку. додаткові функціональні можливості:

- вимірювання часових профілів споживання енергії і потужності за короткі періоди, визначення часу, дати та тривалості провалів в енергопостачанні і відсутності напруги живлення;

- можливість зберігання такої інформації і порівняння параметрів споживання енергії і потужності в реальному часі з ретроспективними, а в ряді систем і з профілями споживання енергії аналогічних споживачів (бенчмаркінг);

- наявність самодіагностики і захисту від розкращення енергії (включаючи відключення споживача) за рахунок фіксації моментів розтину кожуха, кришки

- клемної колодки, впливів сильного магнітного поля та інших впливів як на лічильник, його інформаційні входи і виходи, так і на саму мережу;

- наявність функцій дистанційної передачі інформації про показання приладу обліку, а також дистанційного керування навантаженням і подачі команд на включення і відключення приладів;

- можливість забезпечення необхідною інформацією введення нових продуктів енергопостачальних організацій, послуг і тарифних схем;

- інтеграція вимірювань та обліку всіх енергоресурсів на рівні будівлі для вироблення стратегії мінімізації витрат на оплату енергоресурсів. У цю стратегію залучаються окремі споживачі, енергопостачальні та мережеві компанії [1].

Відповідно до концепції Smart Grid в числі пріоритетних напрямків розвитку ІТ в енергетиці на найближчі роки можна виділити:

1. Широке впровадження на нових і модернізованих точках вимірювання інтелектуальних вимірювальних приладів системи Smart Metering - "розумних" лічильників з функцією дистанційного керування профілем навантаження вимірюваної лінії і вимірювальних перетворювачів зі стандартними комунікаційними інтерфейсами і протоколами (в тому числі бездротовими), які відповідають стандартам інформаційної безпеки.

2. Установка на кожному великому об'єкті, приєднаному до електромережі (житловому районі, офісному центрі, виробничому підприємстві і т. д.), удосконалених автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем (АІВС), що працюють в режимі реального часу. АІВС повинні здійснювати моніторинг об'єктових процесів (наприклад, електро- або тепlopостачання, включаючи параметри якості енергії), виконувати прості алгоритми автоматичного регулювання та мати розвинені засоби інформаційного обміну з зовнішнім світом.

3. Створення широкої мережі інтегрованих комунікацій на базі різноманітних ліній зв'язку - Волоконно-оптичної системі передачі (ВОЛП), супутникових, GPRS, ВЧ-зв'язку по ЛЕП та ін.

Кожна АІВС повинна бути підключена як мінімум по двох незалежних каналах зв'язку.

4. Впровадження в енергокомпаніях автоматизованих систем (АС) управління виробничою діяльністю. Оскільки всі енергопідприємства відносяться до виробництв з безперервним циклом, можна виділити чотири види таких систем: АС управління технічним обслуговуванням і ремонтами;

АС роботи на ринках (комерційної диспетчеризації); АС обслуговування клієнтів; АС управління основним виробництвом - генерацією, передачею, розподілом, збутом (урахуванням споживання) або диспетчеризацією.

5. Створення інтегрованих інтерфейсів до АІВС і АС управління виробничою діяльністю для автоматичного обміну даними з АС інших учасників ринку. При цьому повинні бути визначені протоколи обміну і стандарти інформаційної безпеки для всіх категорій учасників ринку [8].

Підвищення енергоефективності вимагає прискорення розвитку процесів автоматизації обліку споживання електроенергії з перспективою повного вилучення ручного знімання показань лічильників.

Замість систем автоматичного зчитування показань вимірювального приладу (АМР) на удосконалену інфраструктуру вимірів АМІ (системи, які здатні збирати та аналізувати дані вимірів) дозволить розширити функціональні можливості системи за допомогою використання загальних апаратних засобів і єдиної архітектури програмного забезпечення, здатних збирати дані і передавати їх іншим системам. За-

значена технологія може також використовуватися для пересилання інформації через мережу у зворотному напрямку, для ініціювання збору додаткових даних, контролю стану електроустаткування.

Впровадження систем Smart Grid технологій вимагає більш високого рівня функціональних можливостей вимірювальної системи і перетворення системи AMR в "інтелектуальну" вимірювальну систему АМІ (Smart Metering), яка забезпечує:

- зацікавленість і включення споживача у вдосконалення технології систем Smart Grid за допомогою стійкого зв'язку між споживачами формування стимулюючих цінових сигналів постачальниками, залучення їх до активної участі в управлінні електронавантаження, що сприятиме формуванню рівномірності добового навантаження в ОЕС;

- можливість більш швидкої і точної діагностики і електромережами;

- моніторинг результатів генерації, розподілу і споживання електроенергії, включаючи результати управління режимами за допомогою АМІ технологій;

- можливість переходу до формування прийнятних ринкових цін за допомогою та оперативності надання інформації під час ліквідації аварійних відключень устаткування і систем управління, що сприятиме підвищенню надійності енергозабезпечення.

Вимірювальні системи АМІ повинні бути обладнаними функціями моніторингу якості електроенергії, прийнятними для подальшої швидкої індикації, діагностики і рішення проблем її забезпечення.

**Висновки.** Для подальшого розвитку системи Smart Metering як складової частини системи Smart Grid необхідно розробити пропозиції щодо внесення змін в нормативно-правові акти, стандартизації фінансування системи Smart Metering для подальшого тиражування по всій країні.

Для підтримки реалізації програм інтелектуального обліку енергоресурсів необхідно: організувати роботу по збору, аналізу та тиражування вже наявного закордонного і вітчизняного досвіду розгортання і експлуатації інтелектуального обліку.

В рамках цієї роботи важливо виявити вартість проектів і джерела їх фінансування, а також ефекти від їх реалізації; підходи до створення телекомунікаційної інфраструктури та ІТ- систем, системні проблеми взаємодії суб'єктів ринку інтелектуального обліку та кібербезпеки системи.

### Список використаних джерел

1. Башмаков И. А. Поддержка систем интеллектуального учета потребления энергоресурсов в жилых зданиях / И. А. Башмаков / Энергосбережение. – №7. – 2015 – С. 46-49.

2. Бернд Михаэль Бухгольц. Инновационная техника для интеллектуальных электрических сетей Smart Grid. Электрика, № 11, 2010.– С. 9-15.

3. Кобец Б. Б. Анализ мирового и российского опыта использования технологий Smart Grid. Разработка рекомендаций по применению технологий Smart Grid в российской электроэнергетике / Б. Б. Кобец, И. О. Волкова., В. Р. Огороков.

А. В. Березин // Научно-технический отчет, НП "ИН-ВЭЛ". – Москва. – 2010. 110 с.

4. Ледин С. Концепция "электроэнергия — товар" как катализатор развития Smart Grid // Автоматизация в промышленности. № 4, 04.2012

5. Мороз О. М. Використання технологій smart grid для підвищення ефективності електропостачання споживачів / Мороз О. М., Черемісін М. М., Савченко О. А., Попадченко С. А., Дюбко С. В. // Энергетика: економіка, технології, екологія. 2017. № 3 (49) – 2017.- С. 45-50

6. На пути к Smart Grid: ИТ для интеллектуального учета [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.smartgrid.ru/sg-industriya/tehnologii-iresheniya/na-puti-k-smart-grid-it-dlya-intellektualnogo-ucheta>

7. Аналіз зарубіжної практики впровадження сучасних автоматизованих систем обліку електроенергії [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/3.-Smart-Metering.pdf>.

8. "Умные" решения для интеллектуальных энергосистем [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.pwc.ru/en/energy-utilities-mining/publications/assets/smartgrid\\_rus.Pdf](https://www.pwc.ru/en/energy-utilities-mining/publications/assets/smartgrid_rus.Pdf).

### Аннотация

#### РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ SMART METERING В КОНЦЕПЦИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ SMART GRID

Попадченко С. А., Дудніков С. Н.

*Исследованы тенденции развития системы smart metering в концепции развития интеллектуальных сетей электроснабжения.*

### Abstract

#### DEVELOPMENT OF THE SMART METERING SYSTEM IN THE EFFICIENCY CONCEPT ELECTRIC SUPPLY OF SMART GRID CONSUMERS

S. Popadchenko, S. Dudnikov

*The tendencies of development of the system of smart metering in the concept of development of intelligent power supply networks are explored.*