

УДК 620.9

Рибій М.В.

кафедра електропостачання

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

ПРОСЮМЕРИ У СОЦІАЛЬНО-ТЕХНІЧНІЙ СФЕРІ SMART GRID

Економія, що пов'язана з інтелектуальною мережею, впливатиме на ряд факторів, які значною мірою є наслідком «ефекту збереження». Інтелектуальна мережа є основним механізмом досягнення агресивних національних цілей щодо економії енергії та скорочень викидів у атмосферу. Концепція визначається «інтелектуальною мережею», яка має «розумну» поведінку та дії всіх суб'єктів, що пов'язані з нею. Вдосконалення мережі стало одним з найбільших прогресів у сучасну епоху, оскільки невідновлювальні енергетичні ресурси зникають, що призводить до дефіциту електроенергії та різкої зміни клімату, через викиди парникових газів. Традиційна інфраструктура була зосереджена на взаємодії між генераторами, операторами систем передачі та систем розподілу. «Просюмер» інтегрує інформаційні комунікаційні технології з передовими енергетичними електронними технологіями для здійснення двонаправленого потоку електроенергії та інформації. Розвиток мультиагентних систем та поява нових агентів на локальних ринках електроенергії в цілому є актуальним науково-технічним завданням.

Ключові слова: Smart Grid, просюмери, мультиагентні системи, відновлювальні джерела енергії.

PROSUMERS IN SOCIAL TECHNICAL SPHERE SMART GRID

On savings economy related to the smart grid will be influenced by a number of factors that are largely a consequence of the "retention effect". The smart grid is the main mechanism for achieving aggressive national targets for energy savings and emission reductions. The concept is defined by an "intelligent network" that has a "reasonable" behavior and the actions of all entities associated with it. Improvement in the grid has been one of the greatest advances in the modern era as renewable energy resources are disappearing, leading to electricity shortages and climate change through greenhouse gas emissions. The traditional infrastructure focused on the interaction between generators, transmission system operators and distribution systems. Prosumer integrates information communications technologies with advanced energy electronic technologies to deliver a bidirectional flow of electricity and information. The development of multiagent systems and the emergence of new agents in the local electricity markets as a whole is a pressing scientific and technical task.

Keywords: Smart Grid, prosumer, multiagent systems, renewable energy sources.

Вступ

В узгодженні положень теорій концепції Smart Grid відбувається модернізація електричного сектору провідних країн світу з одним із вживаних напрямків є розвиток мультиагентних систем, поява нових агентів, які отримали назву «просюмери» (активні споживачі) на локальних ринках електроенергії, безумовне впровадження гнучкої генерації. Мультиагентні технології отримують все більше розповсюдження в електроенергетичних системах на ієрархічних рівнях, зокрема в рамках двох аспектів: як методичний апарат для моделювання електроенергетичних систем при вирішенні різних задач, так і як платформа для побудови систем керування різного призначення.

Наразі накопичено досить суттєвий досвід використання мультиагентного підходу за вирішенням різних роду проблем електроенергетики. Гнучка генерація в електроенергетичних системах суттєво впливає на зміну поведінки агентів на локальному ринку електроенергії.

Вона також впливає на формування тарифної політики на ринку енергії та ведення режимів мережі. Створення мультиагентних систем керування (МАСК) з використанням потенціалу активного споживача з метою оптимізації енергоспоживання та підвищення енергоефективності локальних систем енергозабезпечення, її елементів та системи в цілому є актуальною науково-технічною проблемою.

Мета та завдання

Розгляд концепції «інтелектуальної мережі» із взаємодією потенціалу поведінки «просюмерів» на сучасних локальних ринках електроенергії.

Матеріал і результати досліджень

Мультиагентне керування – це система, яка має оптимальні розв’язки задач без зовнішнього втручання. Під оптимальним розв’язанням розуміється мінімізація витрати кількості енергії в умовах обмеження ресурсів.

Головна перевага мультиагентних систем керування полягає у наявності гнучкості багатоагентних систем. Багатоагентна система може бути доповнена й модифікована без переписування значної частини програми. Також ці системи мають здатність до самовідновлення й мають стійкість до збоїв, завдяки достатньому запасу компонентів і самоорганізації.

В електроенергетиці пропонуємо вважати мультиагентною системою таку, де кожен учасник організує взаємодію через визначених агентів із своїм набором цілей та пріоритетів. Такі агенти самостійно реагують на зміну середовища і взаємодіють з іншими агентами для координації дій і спільного прийняття рішень.

Багатоагентна система (Multi-agent system) — це сукупність взаємозв’язків, які утворені декількома взаємодіючими інтелектуальними агентами між собою. Багатоагентна система може бути використана для розв’язання таких проблем, які складно або неможливо вирішити за допомогою одного агента або монолітної системи. Прикладами таких завдань є онлайн-торгівля, ліквідація надзвичайних ситуацій, і моделювання соціальних структур.

Зазвичай у багатоагентних системах досліджуються програмні агенти. Поведінка агентів лежить в основі так званого «сукупного інтелекту».

Агент – це програмне або апаратне забезпечення, що перебуває у деякому середовищі яке самостійно реагує на зміни. Інтелектуальний агент взаємодіє з іншими агентами для координації дій і може змінювати навколишнє середовище, виконуючи будь-яку дію.

Будь-який інтелектуальний агент повинен мати такі три характеристики:

а. Реактивність - Дас змогу агенту своєчасно реагувати на зміни у його середовищі і виконувати певні дії, оснований на цих змінах.

б. Ініціативність - Характеризує поведінку агента, що спрямована на результат. Це означає, що агент буде динамічно змінювати свою поведінку з метою досягнення власної цілі.

с. Соціальність - Вказує на здатність взаємодіяти з іншими інтелектуальними агентами.

Серед нових учасників Smart Grid є так звані «просюмери» - це активні агенти, які споживають і виробляють енергію одночасно.

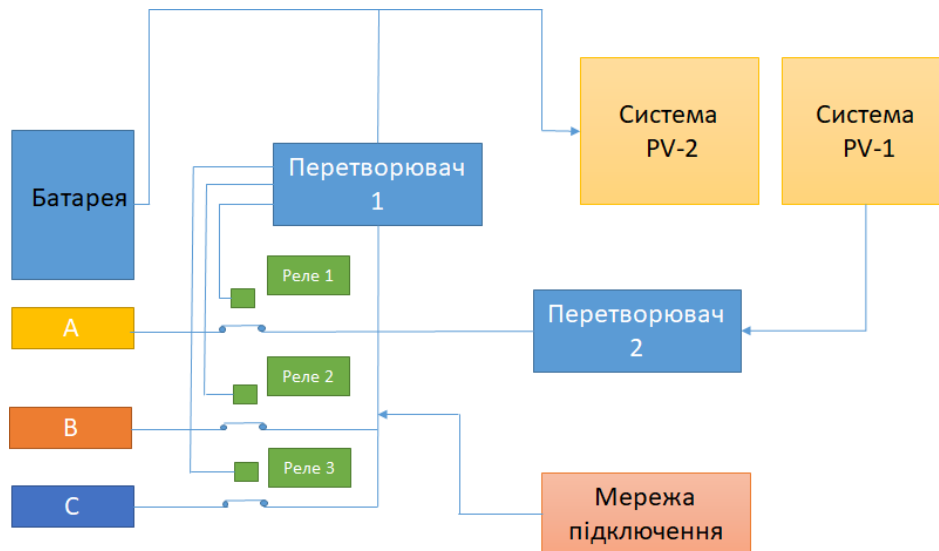


Рисунок 1. Контекст реалізації запропонованої методології.

Запропонована методологія дозволяє оптимально витратити споживчі ресурси, щоб мінімізувати витрати на експлуатацію, знизити витрати електроенергії та підвищити енергоефективність.

Методологія полягає в тому, щоб мінімізувати енергію, придбану з електромережі, для забезпечення її споживання, а також скористатися перевагою генерації PV та попит на генерацію, щоб максимально використовувати гнучкість, яку забезпечує акумуляторна система. Відповідальний за контроль методології є агент-координатор.

Середовище активного агента

Початкове середовище активного агента формується у вигляді співвідношення:

$$E_{pA} = [p^{internal}, A, D, p^{renewable}], \quad (1)$$

де $p^{internal}$ – представляє сукупність внутрішніх цін у механізмі розподілу енергії p2p; D – це попит споживача (використання гарячої води протягом дня);

A – це набір параметрів електричних пристроїв (тобто приладів, систем зберігання енергії та розподілених генераторів); $p^{renewable}$ – це сукупність випуску енергії неконтрольованої відновлюваної генерації, що належить споживачеві.

На основі інформації, сприйнятої з навколишнього середовища, агент-розпорядник планує свої електричні пристрої, щоб мінімізувати витрати на електроенергію максимізувати свої доходи в рамках розподілу енергії p2p.

Цей процес моделюється моделлю прийняття рішень щодо оптимальної поведінки активного агента (просюмера), яка з врахуванням співвідношення (1) може бути представлена наступною оптимізаційною задачею:

$$\begin{aligned} \min \frac{cost}{T} (p^{internal}, p^{renewable}, x) \\ f(x, A, D) = 0 \\ h(x, A, D) \leq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

де T – сукупність часових кроків, які розглядаються протягом усього горизонту планування; X – змінні рішення, які є робочим станом керованого енергетичного обладнання (наприклад, стан увімкнення / вимкнення машин, нагрівальна здатність електричного водонагрівача тощо); cost – функція внутрішньої ціни на електроенергію, ціни на відновлювану продукцію виробництва та робочий стан енергетичного обладнання, значенням яких є загальна вартість енергії протягом усього горизонту планування; f та h – обмеження типу рівності та нерівності, які враховують фізичні межі функціонування для енергетичного обладнання, а також рівні та якість забезпечення енергією споживачів.

Зазначимо, що власне сукупність дій професійного активного агента визначається із співвідношення:

$$AC_{PA} = [x, e^{bid}, [p^{bid}]], \quad (3)$$

де e^{bid} і p^{bid} - представляють пропозицію енергії та ціну відповідно.

Середовище агента-координатора

На основі інформації, сприйнятої з сукупності дій професійного активного агента, агент-координатор планує своє середовище, щоб мінімізувати втрати та максимізувати роботу. Початкове середовище агента-координатора формується у вигляді співвідношення:

$$E_{CA} = \{p^{external}, e^{bid}p^{bid}\}, \quad (4)$$

де e^{bid} , p^{bid} – представляють пропозицію енергії та ціну відповідно.

Наведемо опис функціонування агента-координатора. Модель ціноутворення Pricing (...) може бути представлена у вигляді:

$$p^{internal} = Pricing(p^{external}, e^{bid}, p^{bid}), \quad (5)$$

де $p^{internal}$, $p^{external}$ – представляє сукупність внутрішніх та зовнішніх цін у механізмі розподілу енергії р2р.

Як наслідок, сукупність дій агента-координатора визначається наступним чином:

$$AC_{CA} = \{p^{internal}, e^{exchange}\}, \quad (6)$$

де $e^{exchange}$ – представляє зміни на енергію.

Передбачається, що Smart Grid перетвориться в невеликі і взаємозалежні локальні мережі. Дерегуляція ринків електроенергії в багатьох країнах дозволяє легко підключатись виробникам енергії будь-якого масштабу. Це заохочує розбудову розподіленої генерації відновлюваної енергетики.

Відносна простота мікромереж робить їх оптимальним вибором для розробки нових концепцій управління. Наприклад, інтелектуальні розподілені автономні енергомережі (IDAPS) – нова концепція на базі microGrid, де попит визначається потребами. Вона описує елементарну структуру мережі, для вирішення більшості типових проблем управління мережами. Країни світу змінюють структуру постачання електроенергії та вже створили різні типи ринків електроенергії. Smart Grid стимулює більш активну участь споживачів. Забезпечення ринкового середовища серед розподілених джерел енергії та споживачами є однією з основних особливостей Smart Grid. Мультиагентна система надає платформу для моделювання автономних, децентралізованих об'єктів прийняття рішень.

Мета створення інтелектуальних мереж має такі ключові завдання:

- Підвищення надійності та безвідмовності роботи системи;
- Підвищення енергетичної ефективності;
- Збереження навколишнього середовища;

Виходячи із зазначених цілей, а також маючи на увазі аналізи розвитку концепції у світі, можна виділити наступні ключові сегменти на яких значною мірою позначиться розвиток інтелектуальних мереж на основі технологій Smart Grid:

- Облік енергоресурсів;
- Автоматизація розподільних мереж;
- Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання;

- Автоматизація магістральних електричних мереж та вузлових підстанцій і регулювання перетоків;
- Електричні мережі й установки споживачів;
- Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії.

Для зазначених сегментів можна виділити наступні технології, які розуміються сьогодні під терміном Smart Grid для різних сегментів:

- Системи автоматизованого обліку та інформаційні системи споживачів;
- Інфраструктура систем зв'язку для енергооб'єктів;
- Системи моніторингу стану і управління електротехнічним устаткуванням;
- Системи автоматизації для підвищення надійності і безвідмовності електропостачання;
- Системи, що забезпечують інтеграцію джерел електроенергії малої потужності і накопичувачів;
- Системи управління даними;
- Системи управління оперативними виїзними бригадами.

Ці технології дозволяють по-новому підходити до побудови електричних мереж, переходячи від жорсткої структури «генерація - мережі - споживач» до більш гнучкої, в якій кожен вузол мережі може бути активним елементом. При цьому інтелектуальна мережа в автоматичному режимі проводить переконфігурацію при зміні умов.

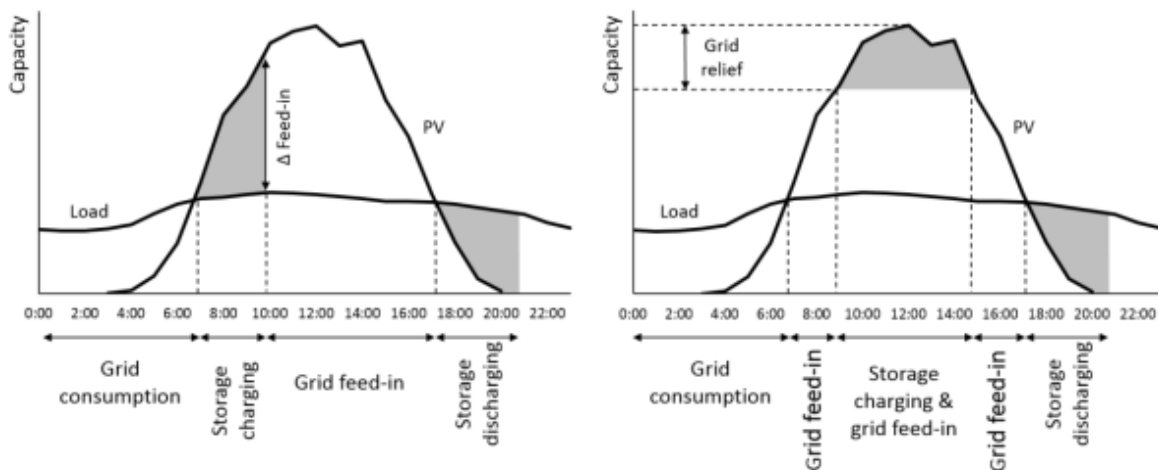


Рисунок 2. Стилiзована iлюстрацiя завантаження генерацiї та операцiї зберiгання енергiї.

Збiльшення просюмерiв призведе до зменшення втрат в електромережi. Це може бути досягнуто за допомогою доцiльного керування нижчих пiкових рiвнiв подачi фотовольтаїки(PV), якi є головним фактором в мережi. Однак механiзми не є простими. Мережа передачi вiдрiзняється вiд розподiльної мережi тим, що вона призначена для просторового вiвноваження джерел енергiї. Оскiльки цей розподiл вiдрiзняється за часом, то потоки енергiї в електромережi змiнюються за рiвнем та напрямком. Вплив просюмерiв на мережу передачi залежить вiд розподiлу навантаження та вiдновлювальної генерацiї.

Якщо просюмер збалансує пiкову подачу фотовольтаїки в розподiльних мережах – це

приведе до зниження використання та втрат в мережі електроенергії. Відповідно, вплив на інвестиції в трансмісію визначаються піковим навантаженням залежить від співвідношення відновлювальної подачі електроенергії та пікового навантаження. Акумуляторні батареї використовуються не тільки для децентралізованої генерації PV, але й для електроенергії з електромережі.

Просюмери можуть бути доцільними для зберігання енергії мережі в ситуаціях з низькими ринковими цінами, незважаючи на виробничу потужність.

Залежно від характеристик енергії, яку накопичують просюмери, можна транспортувати через мережу передачі та збільшувати використання мережі. Розробка розподільної та передавальної мереж потребує незалежного обліку розповсюдження, планування та розширення мережі та роботи системи у цілому.

Крім того, стверджується, що розповсюдження просюмерами може спричинити більш економічну вигоду на місцях порівняно із системами, які належать іншим системам. Низка аргументів спирається на політичну економію на нову економіку. Зростаючий сегмент розповсюдження може призвести до подальшого розширення PV, не покладаючись на підтримку. Крім того, просюмери можуть вирішити питання щодо тимчасового скорочення надлишків.

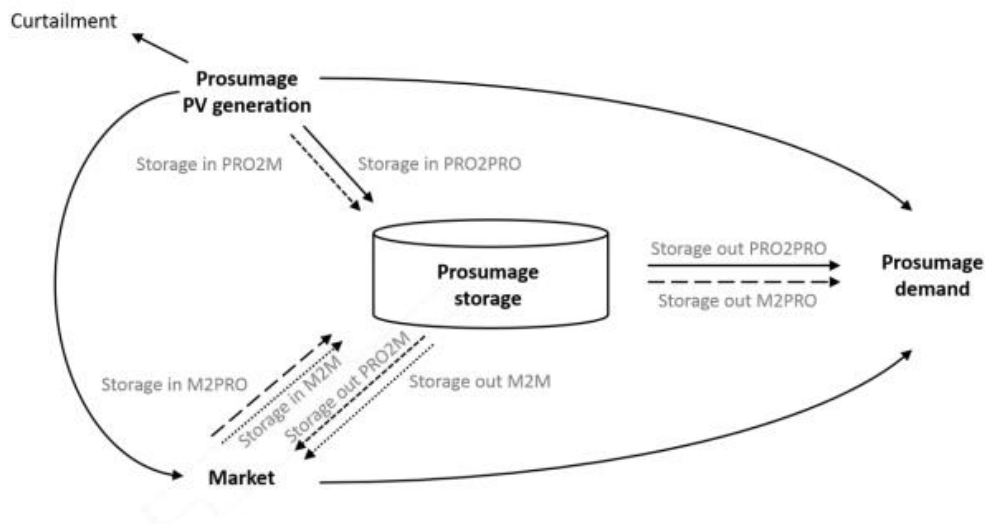


Рисунок 3. Зв'язок між сховищами з різними рівнями інтегрування ринку

Зберігання у сховищах вимагає детальної обробки. У загальному налаштуванні моделі, енергія може надходити як з ринку, так і з власного генерування. Для відстеження непрямої генерації через сховища виділяють як за походженням, так і за призначенням.

Аргументи на користь просюмерів:

- Споживчі уподобання
- Участь у прийнятті перетворення енергії
- Низькі та менші витрати на електроенергію
- Активізація приватного капіталу
- Гнучкість сектору зв'язку та енергетична ефективність
- Різноманітність енергетичної мережі
- Різноманітність мережі передачі
- Посилена конкуренція
- Місцеві вигоди

- Політична економія та новітні аргументи енергетики

Аргументи проти користі просюмерів:

- Можливі втрати ефективності
- Розподільчі впливи на початковому етапі
- Ефекти «відскоку»
- Втілення взаємодії захисту даних та апаратів керування

Характерною тенденцією для багатьох національних та регіональних енергоринків на сьогодні є поступове заміщення традиційної генерації у базовому графіку навантаження відновлюваними джерелами, з паралельним спорудженням високоманеврених станцій. Поступовий перехід на споживання переважно відновлюваної енергії означає скорочення традиційних джерел, таких як атомна та теплова генерація. І в цьому процесі, окрім політичного чинника, є і економічний.

Висновки

З оптимальної точки зору, систему можна змодельовати більш детальним способом, що призводить до операцій зберігання. Таким чином, результати слід інтерпретувати як нижню межу потенціалу щодо втрат ефективності у системі. Очікується, що у системі завантаження фотовольтаїки, регулювання буде менш плавним в залежності від типу споживача і навантаження. Кореляція пропозиції та попит може буде більшим, або нижчим в порівнянні зі стилізованим припущенням. Погодинна роздільна здатність моделі не враховує наслідки внутрішніх конфліктів систем, що може стати важливою проблемою. Відсутність інших варіантів гнучкості управління попитом, або зв'язку між секторами може призвести до надмірного обмеження моделі.

Список використаних джерел

1. Prosumage of Solar Electricity: Pros, Cons, and the System Perspective. [Електронний ресурс]. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2912814.
2. Технології гнучкості для інтеграції ВДЕ в енергосистему. [Електронний ресурс]. URL: <http://uwea.com.ua/uploads/docs/1568872256-2>.
3. International Renewable Energy Agency [Електронний ресурс]. URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>.
4. Gordon Feller. The Virtual Power Plant: A New Era of Energy Flexibility [Електронний ресурс]. URL: <https://www.tdworld.com/grid-innovations/generation-and-renewables/article/20973186/the-virtual-power-plant-a-new-era-of-energy-flexibility>.