

УДК 620.9

**МУЛЬТИАГЕНТНЕ КЕРУВАННЯ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ГНУЧКОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА
АКТИВНИМИ СПОЖИВАЧАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

Рибій М.В. – гр.ОЕ-91мп, магістр, *Croppes.RV520@gmail.com*
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою роботи є розробка моделі взаємодії між основним обладнанням активного споживача, гнучкою розосередженою генерацією, а також моделі оптимізації взаємодії між активним споживачем і мережею енергопостачання з використанням потенціалу активного споживача з метою оптимізації енергоспоживання та підвищення енергоефективності локальних систем енергозабезпечення, її елементів та системи в цілому.

Мультиагентні Системи

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.

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. 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.

Середовище активного агента

Початкове середовище активного агента формується у вигляді співвідношення:

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

Платформа: ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

де $p^{internal}$ – представляє сукупність внутрішніх цін у механізмі розподілу енергії р2р; 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 р2р. Цей процес моделюється моделлю прийняття рішень щодо оптимальної поведінки активного агента (просюмера), яка з врахуванням співвідношення (1) може бути представлена наступною оптимізаційною задачею:

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

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:

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

Платформа: ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

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.

Співвідношення (4) – (6) є складовими оптимізаційної задачі типу (2), з визначенням, наприклад, оптимальних значень функції Pricing (...). Аналіз структур та особливостей функціонування просюмерів, VPP-агрегаторів, показує, що взаємодію між виділеними елементами, зокрема, згідно співвідношень (1) – (6), доцільно представляти операціями редукції, декомпозиції, масштабування та мультиплікації.

Висновок: На основі аналізу перспектив розвитку сучасних енергосистем виділено основні напрямки модернізації локальних енергосистем з використанням у їх складі активних споживачів (просюмерів) та віртуальних електростанцій. Детально представлено середовище функціонування активних агентів та агента-координатора з формуванням відповідних оптимізаційних процедур, зокрема, мінімізація витрати обсягів енергії в умовах обмеження ресурсів.

Л і т е р а т у р а

1. Trends in Cyber-Physical Multi-Agent System. The PAAMS Collection – 15th International Conference / Fernando Prieta, Zita Vale, Luis Antunes, Tiago Pionto, Andrew T. Campbell, Vicente Julian, Antonio J.R. Neves, Maria N. Moreno / PAAMS 2017. Smart Grid.
2. Денисюк С.П. Таргонський В.А., Артем'єв М.В. Локальні електроенергетичні системи з активним споживачем: методи побудови та алгоритми їх функціонування // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. – № 3. – С. 7 – 22.
3. Кириленко О.В., Денисюк С.П. Сучасні тенденції побудови та керування режимами електроенергетичних мереж // Спец. випуск, Том 2. Енергозбереження, енергетика, енергоаудит. – 2014. – № 9 (128). – С. 82 – 94.