

УДК 620.9

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-1/37>**Денисюк С.П.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Рибій М.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ФОРМУВАННЯ СКЛАДОВИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕДУР В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З ГНУЧКОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА АКТИВНИМИ СПОЖИВАЧАМИ ЕНЕРГІЇ

У статті сформовано основні напрямки модернізації локальних енергосистем із використанням в їхньому складі активних споживачів (просюмерів) і віртуальних електростанцій. Розглянуто особливості побудови моделей взаємодії між основним обладнанням активного споживача, гнучкою розосередженою генерацією, а також моделі оптимізації взаємодії між активним споживачем і мережею енергопостачання. Детально представлено середовище функціонування активного агента й агента-координатора з формуванням відповідних оптимізаційних процедур, які передбачають мінімізацію витрат обсягів енергії в системах енергопостачання в умовах обмеження ресурсів. Визначені проблеми використання розосередженої генерації в локальних системах можуть бути розв'язані завдяки створенню системи проблемно орієнтованого мультиагентного керування, яка має дозволяти на агентному рівні розподілити обов'язки споживачів (просюмерів) і генераторів на ринку енергії, оптимізувати їхню взаємодію. Проаналізовано досвід використання мультиагентного підходу до розв'язання різного роду проблем електроенергетики. Показано, що мультиагентні технології отримують все більше розповсюдження в електроенергетичних системах, зокрема в рамках двох аспектів: як методичний апарат для моделювання електроенергетичних систем під час розв'язання різних задач і як платформа для побудови систем керування різного призначення. Оскільки гнучка генерація в електроенергетичних системах суттєво впливає на зміну поведінки агентів у сфері локального ринку електроенергії, то одним із перспективних напрямків оптимізаційних процедур є розвиток мультиагентних систем, поява нових агентів на локальних ринках електроенергії. Показано, що створення системи мультиагентного керування з використанням потенціалу активного споживача з метою оптимізації енергоспоживання та підвищення енергоефективності локальних систем електропостачання, її елементів і системи в цілому є актуальним науково-технічним завданням.

Ключові слова: Smart Grid, системи з гнучкою генерацією, просюмери, віртуальні електростанції, мультиагентні системи, функціонування агентної системи, системна оптимізація.

Постановка проблеми. Модернізація енергетичного сектора провідних країн світу передбачає реалізацію положень концепції Smart Grid. Одним із вживаних напрямків інтелектуалізації енергетики є розвиток мультиагентних систем, поява нових агентів, які отримали назву просюмери – активні споживачі (далі – АС), що функціонують на локальних ринках енергії, а також безумовне впровадження гнучкої розосередженої генерації (далі – ГРГ) на основі відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ). Зміна традиційної поведінки споживачів на активну потребує розв'язання низки завдань, зокрема переходу від централізованої енергетики до децентралізованої.

Розробка й вдосконалення методів інтеграції ВДЕ в мережу енергопостачання в рамках проблеми

підвищення ефективності гнучкої генерації, підвищення ефективності функціонування РГ, створення мультиагентних систем керування (далі – МАСК) із використанням потенціалу активного споживача з метою оптимізації енергоспоживання та підвищення енергоефективності локальних систем енергозабезпечення, її елементів і системи в цілому є актуальною науково-технічною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз показує, що нововведення в сучасних енергосистемах мають впроваджуватися по чотирьох ключових аспектах [6; 12]:

1) впровадження технологій, які сприяють інтеграції ВДЕ;

2) нові інноваційні бізнес-моделі, які створюють нові бізнес-умови для нових послуг, що

підвищують гнучкість системи та стимулюють подальшу інтеграцію технологій ВДЕ;

3) нові ринкові структури й зміни в нормативно-правовій базі для заохочення гнучкості й нової доданої вартості послуг з енергопостачання, які своєю чергою стимулюють нові можливості для бізнесу;

4) інноваційні методи експлуатації енергетичної системи, що дозволяють інтегрувати більшу частку ГРГ.

Як наслідок, сфера відповідальності енергопостачальних компаній (далі – DSO-компанії) повинна розширитися таким чином, щоб мати змогу ефективно керувати розосередженими ВДЕ, підключеними до їхньої мережі, інтегруючи їх у мережу й максимізуючи надавані ними переваги. Нова роль DSO-компаній передбачає наступне [6; 8; 11–13]:

– закупівлю послуг мережі від розосереджених енергоресурсів;

– експлуатацію розосереджених енергоресурсів для оптимізації використання наявних мереж за допомогою прямого контролю або через формування цінкових сигналів (погодинний або поточний змінюваний тариф);

– ключові трансформаційні заходи, що мають здійснити DSO, наприклад, розробка інтелектуального обліку, укладання контрактів з агрегаторами, створення майданчиків для оперативного й безпечного ринкового онлайн-продажу енергії в реальному часі;

– керування перевантаженнями в рамках послуг, які будуть закуповуватися операторами мережі для збільшення частки ВДЕ в загальному енергопакеті, створення нових ринків послуг із керування перевантаженнями й відповідних бізнес-моделей для них;

– взаємодія з різними виробниками енергії з ГРГ із можливістю накопичення – наприклад, з гідроаккумуляційними станціями (далі – ГАЕС) або PV-станціями з CSP-накопичувачами (Concentrated Solar Power) надлишку генерації енергії у вигляді тепла.

Для подолання головних чинників проблем щодо впровадження ВДЕ на вищому рівні структура нової енергетики повинна враховувати [10–12]:

– *гнучкість (flexibility)*: можливість енергосистеми впоратися з мінливістю та невизначеністю генерації, зокрема сонячної та вітрової енергії, для чого мають вводитися різні часові шкали, від найкоротшого до довгострокового періоду, уникаючи скорочення відбору енергії від ГРГ;

– *змінюваність (variability)*: природну нестабільність генерації із сонячних і вітрових джерел, що перетворюється на потенційно швидкі зміни виробництва енергії, від чого виникає невідповідність попиту й пропозиції енергії;

– *невизначеність (uncertainty)*: нездатність надійно й правдиво прогнозувати виробництво енергії ГРГ на різних часових проміжках.

Постановка завдання. Метою статті є розробка моделі взаємодії між основним обладнанням активного споживача, гнучкою розосередженою генерацією, а також моделі оптимізації взаємодії між активним споживачем і мережею енергопостачання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нині в рамках концепції Smart Grid стає популярною модель VPP-агрегатора (агрегатора віртуальних електростанцій – virtual power plants) [4; 10–13]. Така модель передбачає створення незалежного оператора VPP. Центральна ідея VPP – розподілена хмарна система-агрегатор, яка об'єднує і перерозподіляє енергію від різних джерел і виробників. Така система «інтелектуального керування» – частина «інтелектуальних мереж» – забезпечує отримання додаткових потужностей без інвестицій в їхнє будівництво. VPP фактично є інформаційною системою, в якій у режимі реального (або майже реального) часу циркулює інформація про доступну генерацію та / або попит (поточні або прогнозовані) на підключеній до енергопостачання території, можливості розвантаження чи гнучкої потужності споживачів, бажаний графік навантаження системи. Така енергетична система забезпечує гнучкість використання генерації або доступної потужності енергоспоживання, автоматично визначаючи ефективнішу в цей момент множину ГРГ з урахуванням багатьох факторів, від ситуації на ринку до прогнозу погоди.

ГРГ в енергетичних системах суттєво впливає на зміну поведінки агентів на локальному енергетичному ринку. Вона також впливає на формування тарифної політики на ринку енергії та ведення режимів мережі.

Постає задача формування такої «цифрової спільноти» ГРГ, яка подає енергію в мережу, є спільним маркетингом енергії та надання послуг енергопостачальними компаніями. З іншого боку VPP відіграє роль стабілізатора енергосистеми.

Наведені проблеми можуть бути розв'язані завдяки створенню системи проблемно орієнтованого мультиагентного керування в локальних системах енергопостачання, яка має дозволяти

на агентному рівні розподілити обов'язки споживачів на ринку енергії, оптимізувати їхню взаємодію, наприклад, двосторонніми потоками електроенергії для підвищення якості енергопостачання [3–5; 7].

Для побудови VPP-агрегатора доцільно застосувати мультиагентні технології, які на сьогодні отримують все більше розповсюдження в електроенергетичних системах як методичний апарат для моделювання електроенергетичних систем під час розв'язання різних задач, так і як платформа для побудови систем керування різного призначення [1; 4; 9; 10]. Водночас агрегатор розглядається як суб'єкт, здатний керувати режимом споживання обладнання великої кількості роздрібних споживачів. Завдання агрегаторів – визначити множину роздрібних споживачів, готових знижувати своє споживання, та залучити їх для зниження пікового споживання та зниження витрат енергосистеми на пікову генерацію. Розвиток концепції Smart Grid приводить до суттєвих змін у підходах до організації систем керування, у тому числі в алгоритмах взаємодії учасників ринку електроенергії. Серед нових учасників є різні типи просюмерів – активних агентів, які одночасно споживають і виробляють енергію [3].

Побудова VPP-агрегаторів пов'язана з аналізом мультиагентних систем як систем, де кожен учасник організує взаємодію через визначених агентів зі своїм набором цілей і пріоритетів [4; 9; 13]. Такі агенти самостійно реагують на зміну середовища й взаємодіють з іншими агентами для координації дій і спільного прийняття рішень. Для максимізації частки ВДЕ (в єдиній енергосистемі з традиційними джерелами) будуть використовуватися всі можливі моделі, включаючи РГ і системи зберігання (акумулявання) енергії, Microgrid, зарядку електромобілів і «demand response» (DR) – реагування на попит у режимі реального часу завдяки системам зі штучним інтелектом і миттєвим блокчейн-транзакціям.

Багатоагентна система (multi-agent system) – МАСК – це сукупність взаємозв'язків, які утворені декількома співзалежними інтелектуальними агентами між собою. Багатоагентна система може бути використана для розв'язання проблем, які складно або неможливо вирішити за допомогою одного агента або традиційної (монолітної) системи. Прикладами таких завдань є онлайн-торгівля, ліквідація надзвичайних ситуацій, моделювання соціальних структур тощо [10–13].

Зазвичай у багатоагентних системах досліджуються програмні агенти, поведінка яких лежить в основі так званого «сукупного інтелекту». Агенти

можуть обмінюватися отриманими знаннями, використовуючи деяку спеціальну мову (відповідні протоколи) в системі. Прикладами таких мов є Knowledge Query Manipulation Language [en] (KQML) і FIPA's Agent Communication Language [en] (ACL) [4; 13].

Мультиагентне керування має формувати оптимальні розв'язки задач без зовнішнього втручання. Під оптимальним розв'язанням розуміється мінімізація витрат обсягів енергії в умовах обмеження ресурсів [3–5; 7]. МАСК електроенергетичних систем, де кожен агент є рівноправним учасником процесу, надають можливість реалізувати функції автоматичного ведення режимів виявлення ушкоджень і їхньої локалізації, виділення та швидкого відновлення електропостачання, збору й обробки інформації. Це дозволяє зробити мережі більш самокерованими й відновлюваними. Економічність їхнього керування досягається шляхом можливості оперативної компенсації несприятливого впливу на параметри режиму. Також проблемою є непередбачуваність роботи установок РГ, де режими визначаються метрологічними умовами, а також складність керування процесами взаємодії АС з елементами енергетичної системи.

Важливим є питання участі АС у створенні системи послуг для енергетичної системи, системної інтеграції ВДЕ в мережу як самих АС, так і джерел РГ, або їх поєднання в складі МАСК із подальшим формуванням агрегатів, що інтегруватимуть окремі функції елементів. Тут головна перевага МАСК полягає в можливості використання гнучкості багатоагентних систем.

У виділених системах споживач має право брати участь у різноманітних тарифних програмах у рамках механізмів введення енергії в мережу й можливості отримання відповідних «премій». Водночас агенти-просюмери представляють функціонування агентів за типом peer-to-peer (p2p) [3–5; 7].

Посилаючись на абстрактну архітектуру для агентів, набір агентів позначається як $E_A = [PA_1, PA_2, PA_N]$, де N – кількість споживачів, які беруть участь у розподілі енергії p2p. Кожен агент сприймає своє оточення для збору інформації, необхідної для прийняття відповідних рішень.

Більш детально розглянемо середовище функціонування активного агента й агента-координатора з формуванням відповідних оптимізаційних процедур.

Середовище активного агента

На рівні окремого активного агента потребує розв'язання проблема взаємодії системи

керування з енергетичною системою різних типів АС на локальному ринку енергії [3–5; 7]. Для цього необхідно сформувати й розв’язати завдання оптимізації інформаційних і силових енергетичних процесів, активної взаємодії споживачів електроенергії з енергетичною системою в цілому зі збереженням сумарної вигоди АС від оптимізації власного графіка споживання електроенергії, а також можливого доходу від продажу енергії з підтримкою нормального режиму роботи енергосистеми.

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 р2р; A – набір параметрів обладнання (тобто різних типів енергетичного обладнання, систем зберігання енергії та розосереджених генераторів); D – попит споживача (наприклад, використання гарячої води протягом дня); $P^{renewable}$ – обсяги відпуску енергії неконтрольованої відновлюваної генерації, що належить споживачеві.

На основі інформації, отриманої з навколишнього середовища, агент-розпорядник планує роботу свого енергетичного обладнання таким чином, щоб мінімізувати витрати на електроенергію та 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:

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

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

нання, а також рівні та якість забезпечення енергією споживачів.

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

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

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

Середовище агента-координатора

Процес керування в МАСК під час виділення функцій агента-координатора полягає в тому, щоб мінімізувати енергію, придбану з мережі, для забезпечення її споживання, а також скористатися перевагою генерації ВДЕ й попитом на генерацію ГРГ, щоб максимально використовувати гнучкість, яку забезпечує система акумуляції енергії. Водночас виникає задача оптимізації вищого рівня, яка має розв’язуватися одночасно з іншими підпорядкованими задачами, в тому числі й сформованими на основі співвідношень (1) – (3).

Відповідальність за технологічну реалізацію розв’язання оптимізаційної задачі й покладається на агента-координатора. Відповідальність агента-координатора може бути двоякою:

- отримувати пропозиції від агентів-споживачів і повертати їм внутрішні ціни, керуючи місцевою торгівлею енергією в регіоні розподілу енергії;
- торгувати роздрібною торгівлею від імені всього регіону розподілу енергії, щоб придбати або продати електроенергію з метою збалансувати дефіцит енергії або надлишок у регіоні.

Окремі агенти-координатори мають дбати про обмеження фізичних мереж у своїх регіонах розподілу енергії, однак це вже виходить за межі функціонування агента-координатора як локального оператора ринку, оскільки вимагає від нього здійснення окремих функцій системного оператора. На основі інформації, сприйнятої із сукупності дій виділеної множини професійних активних агентів, агент-координатор планує своє функціональне середовище таким чином, щоб мінімізувати втрати й максимізувати ефективність роботи системи в цілому.

Початкове середовище агента-координатора формується у вигляді співвідношення:

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

де $e^{exchange}$ – енергія, якою торгують на ринку роздрібною торгівлі; e^{bid} та p^{bid} – пропозиція енергії та ціни 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 $p^{internal}$ та $p^{external}$ – відповідно сукупність внутрішніх і 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 частинами оптимізаційної задачі типу (2), з визначенням, наприклад, оптимальних значень функції $Pricing(\dots)$.

Аналіз структур й особливостей функціонування просюмерів, VPP-агрегаторів показує, що взаємодію між виділеними елементами, зокрема згідно зі співвідношеннями (1) – (6), доцільно представляти операціями редукції, декомпозиції, масштабування та мультиплікації. Власне алгоритми взаємодії, насамперед алгоритми керування, мають враховувати енергетичні процеси, спільно розглядати їх в енергетичних системах, де є підсистеми як постійного, так і змінного струму, а власне сигнали змінного струму характеризуються несиметрією та / чи несинусоїдальністю. Під час розгляду теплових процесів для однотипності здійснення моделювання доцільно застосовувати методи «електротеплової аналогії».

Для досягнення оптимальних чи «квазіоптимальних» режимів складовими частинами множини критеріїв векторної оптимізації при потребі використовуються поряд з реактивною Q_1 й активною P_1 потужністю по 1-й гармоніці напруги й струму, обмінну потужність $Q_{об}$ та потужність Фризе $Q_{ф}$ [1; 2]. Важливим елементом конкретної оптимізаційної процедури є необхідність підведення адекватного балансу складових енергії з використанням поняття енергетично незмінних станів [2].

Власне, як оцінка величин потужностей $Q_{об}$ та $Q_{ф}$, так і формування балансу складових енергії потребує розкладу миттєвих значень напруги й струму на активну (індекс «А») й реактивну (індекс «Р») складові частини: $u(t) = u_A(t) + u_P(t)$; $i(t) = i_A(t) + i_P(t)$. Доцільним також може бути застосування потужності $Q_{КВ}$: $Q_{КВ}^2 = Q_{ф}^2 - Q_1^2$.

Запропонований підхід до формування оптимізаційних процедур дозволяє під час формування законів функціонування МАСК і оптимізації режимів роботи системи використати переваги, які надають застосування потужностей $Q_{об}$ та $Q_{ф}$. Так, обмінна потужність $Q_{об}$ дозволяє оцінити неоптимальність процесів із боку обмінних процесів для різних спектрів сигналів, здійснити уточнений вибір енергетичного обладнання, оцінити взаємний вплив елементів системи. Потужність Фризе $Q_{ф}$ своєю чергою є характеристикою додаткових втрат енергії, визначенням рівня неоптимальності процесів від впливу різних факторів, що спотворюють якість енергопостачання.

Висновки. На основі аналізу перспектив розвитку сучасних енергосистем виділено основні напрямки модернізації локальних енергосистем із використанням у їхньому складі активних споживачів (просюмерів) і віртуальних електростанцій.

Показано, що ефективне функціонування локальних систем, у складі яких є ГРГ на основі різних типів ВДЕ й різноманітні типи просюмерів, неможливе без побудови систем на основі мульти-агентного керування з використанням агрегаторів генераторів енергії та агрегаторів навантажень у споживачів (агентів-координаторів).

Детально представлено середовище функціонування активних агентів й агента-координатора з формуванням відповідних оптимізаційних процедур, зокрема мінімізацією витрат обсягів енергії в умовах обмеження ресурсів.

Список літератури:

1. 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.
2. Жуйков В.Я., Денисюк С.П. Енергетичні процеси в електричних колах з ключовими елементами. Київ : Текст, 2010. 264 с.
3. Базюк Т.М., Блінов І.В., Буткевич О.Ф., Гончаренко І.С., Денисюк С.П. та ін. Інтелектуальні електричні мережі : елементи та режими / за заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка. Київ : Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
4. Кириленко О.В., Денисюк С.П. Сучасні тенденції побудови та керування режимами електроенергетичних мереж. *Енергозбереження, енергетика, енергоаудит*. Спец. випуск, Том 2. 2014. № 9 (128). С. 82–94.
5. Prieta F., Vale Z., Antunes L., Pionto T., Campbell A.T., Julian V., Neves A.J.R., Moreno M.N. Trends in Cyber-Physical Multi-Agent System. *The PAAMS Collection – 15th International Conference*. PAAMS, 2017. Smart Grid. P. 65–72.

6. Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables. IRENA, Abu Dhabi, 2019. 164 p.
7. Kok J.K., Warmer C.J., Kamphuis I.G. PowerMatcher: Multiagent Control in the Electricity Infrastructure. *AAMAS '05 : Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, July 2005. P. 75–82.
8. Schill, W.-P., Zerrahn A., F. Kunz F. Prosumage of Solar Energy: Pros, Cons, and the System Perspective. *Economics of Energy & Environmental Policy*. 2017. № 6 (1). P. 7–31.
9. Yavuz L., Önen A., Muyeen S.M., Kamwa I. Transformation of Microgrid to Virtual Power Plant – A Comprehensive Review. *IET Generation, Transmission and Distribution*. Changes were made to this version by the publisher prior to publication. DOI: 10.1049/iet-gtd.2018.5649.
10. Виртуальные электростанции и реальные киловатты. *Атомный эксперт* : веб-сайт. URL: http://atomicexpert.com/virtual_power_station.
11. Нові виклики для операторів мереж. *Енергетична транзиція* : вебсайт. URL: https://avenston.com/articles/energy_transit.
12. International Renewable Energy Agency. *IRENA* : web-site. URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>
13. Gordon Feller. The Virtual Power Plant: A New Era of Energy Flexibility. *T&D World* : web-site. URL: <https://www.tdworld.com/grid-innovations/generation-and-renewables/article/20973186/the-virtual-power-plant-a-new-era-of-energy-flexibility>.

Denysiuk S.P., Rybii M.V. FORMATION OF COMPONENT OPTIMIZATION PROCEDURES IN ENERGY SYSTEMS WITH FLEXIBLE GENERATION AND ACTIVE ENERGY CONSUMERS

The main directions of modernization of local power systems with the use of active consumers (prosumers) and virtual power plants are formed in the article. The features of construction of models of interaction between the basic equipment of the active consumer, flexible dispersed generation, as well as models of optimization of interaction between the active consumer and the energy supply network are considered. The working environment is presented in detail active agent and coordinating agent with the formation of appropriate optimization procedures that minimize energy consumption in energy systems with limited resources. The identified problems of the use of distributed generation in local systems can be solved by creating a system of problem-oriented multiagent control, which should allow at the agent level to distribute the responsibilities of consumers (prosumers) and generators in the energy market, to optimize their interaction. The experience of using a multiagent approach to solving various kinds of power problems is analyzed. It has been shown that multiagent technologies are becoming more widespread in power systems, in particular, in two aspects: as a methodological apparatus for modeling power systems in solving various problems, and as a platform for the construction of control systems for different purposes. As flexible generation in power systems significantly influences the change in the behavior of agents in the field of the local electricity market, one of the promising directions of optimization procedures is the development of multiagent systems, the emergence of new agents in the local electricity markets. It is shown that the creation of a multiagent control system using the potential of an active consumer in order to optimize energy consumption and improve the energy efficiency of local power supply systems, its elements and the system as a whole is an urgent scientific and technical task.

Key words: Smart Grid, flexible generation systems, prosumers, virtual power plants, multiagent systems, agent system function, system optimization.