

АКТИВНА УЧАСТЬ СПОЖИВАЧІВ SMART GRID SYSTEMS

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Актуальним завданням майбутніх енергетичних систем є проектування та експлуатація систем, що інтегрують великі частки відновлюваної енергії, одночасно покращуючи загальну ефективність системи. Оскільки будівлі споживають близько 32% загального споживання енергії, вони мають життєво важливе значення. В останні роки технічні та соціально-економічні дослідження, а також практичний досвід дійшли висновку, що інтеграція та участь споживачів мають вирішальне значення Smart Grid Systems. Сучасні кліматичні цілі, соціальне середовище, фізичне середовище, цифрові реалії та економічні умови повинні бути враховані та інтегровані в успішні рішення та бізнес-моделі. Однак цілісного обговорення всіх цих елементів недостатньо. У цій роботі представлений всебічний огляд необхідних кроків та перешкод під час розробки та впровадження орієнтованих на користувача бізнес-моделей, включаючи детальне обговорення необхідних даних та обчислювальних методів, а також психологічних аспектів участі споживачів. Крім того, ми прагнемо визначити поточні виклики та майбутні потреби у дослідженнях.

Ключові слова: мешканці; управління попитом; побудова енергетичних систем; зміна поведінки; моделювання.

Abstract

A pressing task for future energy systems is the design and operation of systems that integrate large shares of renewable energy while improving overall system efficiency. Because buildings consume about 32% of the total global final energy use, they are of vital importance. In recent years, technical and socio-economic studies, as well as hands-on experience, have concluded that the integration and participation of consumer are crucial for smart energy systems. To reach challenging climate goals, individual consumer, social environment, physical environment, digital realities and economical conditions must be considered and integrated in successful solutions and business models. However, a holistic discussion of all these elements is scarce. This paper presents a comprehensive review of necessary steps and obstacles during the development and implementation of user centric business models, including a detailed discussion of required data and computational methods as well as psychological aspects of consumer participation. In addition, we aim to identify current challenges and future research needs.

Keywords: occupants; demand side management; Building energy systems; Behavior change; Intervention; Modelling

Вступ

Більшість наукової літератури передбачає, що загальний попит на енергію, а також споживчий попит на енергію значно зростуть у найближчі роки та десятиліття [1-3]. Тому актуальним завданням майбутніх енергетичних систем є проектування та експлуатація систем, які інтегрують велику частку легкої відновлюваної енергії, одночасно покращуючи загальну ефективність системи. У цій роботі ми стверджуємо, що активна участь споживачів, сучасні інформаційні комунікації та обчислювальні технології є ключовими факторами успішного досягнення цього завдання.

Вчені [4] проаналізували важливість поведінки користувачів порівняно з ефективною технологією споживання енергії в будівлях. Вона показала, що вплив поведінки користувачів на потребу в енергії нагрівання та охолодження є принаймні таким же важливим, як і будівельна фізика. Крім того, споживання електроенергії для освітлення та побутових приладів більше залежить від поведінки користувачів, ніж від енергоефективності. Ці висновки чітко підкреслюють важливість користувача.

На додаток до зменшення або стримування попиту на енергію, важливим є збільшення використання відновлюваної енергії. У міру збільшення мінливих джерел енергії, таких як енергія сонця та вітру, інші частини енергетичних систем повинні стати більш гнучкими, щоб відповідати наявній енергії з відновлюваних ресурсів з попитом з точки зору місця, часу та кількості [5]. Енергетичні системи повинні розглядатися в багатьох секторах, таких як електроенергетика,

опалення, охолодження, будівлі, транспорт та промисловість, щоб визначити потенційні синергетичні ефекти та забезпечити варіанти гнучкості [6].

Результати досліджень

Важливість споживача в енергетичних системах наголошує Хампл [7], який розширив три основні цілі енергетичної політики (безпека поставок, економіка та навколишнє середовище) з четвертим виміром: соціальне прийняття / толерантність. В [8] зазначають, вплив нових технологій, таких як розумні лічильники, на попит на енергію та гнучкість попиту в значній мірі залежить від соціальних змінних, таких як індивідуальні уподобання, соціальні відносини або повсякденні звички в домогосподарстві. Вчені представили огляд переваг реагування на попит в інтелектуальних мережах, включаючи дискусію про втілення технологій та систем. Споживачі повинні впроваджувати нові технології та опції у свої щоденні процедури [9]. Як зазначали Васкес-Кантелі та Надь [10], майбутнє реагування на попит в значній мірі залежить від інтеграції зворотного зв'язку людини у контур управління.

Таким чином, ключовим елементом будь-якої розумної енергетичної системи є споживач. Цей огляд досліджує нові тенденції та проблеми для додатків, які повинні ініціювати та зберегти активну участь споживачів у розумних енергетичних системах.

У цій роботі ми визначаємо споживачів як осіб, які або використовують, або одночасно використовують та виробляють енергію для побутових потреб у житлових будинках, таку як енергія для опалення та охолодження. Активна участь споживачів у майбутніх розумних енергетичних системах мотивована різними факторами: (i) споживачі мотивовані, задіяні навколишнім середовищем та спонукані до підвищення енергоефективності. (ii) споживачів стимулюють надати гнучкість завдяки управлінню попитом. (iii) процес участі користувачів генерує дані, які можуть бути цінними для різних зацікавлених сторін; прикладом може бути прогноз попиту на енергію для оптимальної роботи районів чи міст. Цей випадок використання в цій роботі згадується як прогнозування попиту на енергію. Рис. 1 ілюструє ці цілі в контексті профілю навантаження споживача.

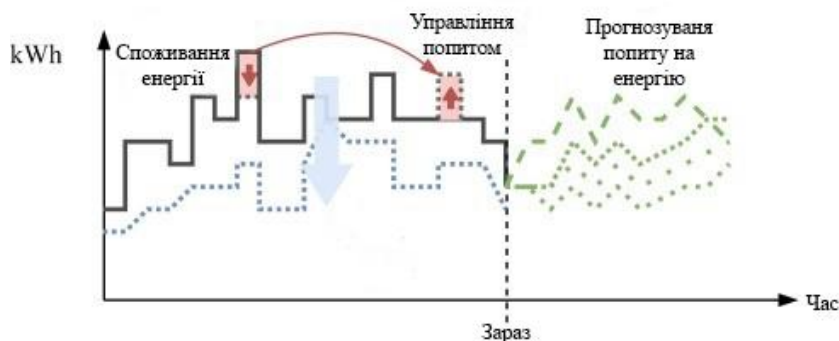


Рис. 1 - Підхід до ідентифікації бізнес-моделей, що використовується у цій роботі: (ліворуч) визначення відповідних компаній та (праворуч) опис за допомогою "полотно бізнес-моделей"

Новий підхід потребує нових життєздатних бізнес-моделей (БМ). БМ необхідні для стимулювання розробки технічних рішень. Тільки якщо дані та послуги забезпечують цінність для споживачів, БМ дозволяють використовувати потенціал. Отже, можуть бути створені нові ринки та посилення конкуренції. Оскільки компанії, що експлуатують БМ, а також самі БМ різноманітні, ми використовуємо "полотно бізнес-моделей" - рис. 2 [11].

На першому етапі (I) визначаються та класифікуються відповідні компанії. БМ ідентифікуються на полотні дев'ятьма елементами, що показують, на який сегмент клієнтів націлюються компанії, та описуючи цінності, отримані послугами та продуктами. На другому етапі (II) описуються окремі БМ. Як підкреслено стрілкою на рис. 2, починається з опису потенційних споживачів і закінчується витратами та доходами.

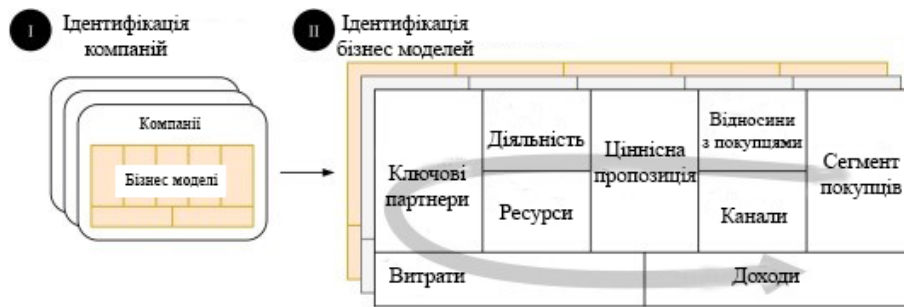


Рис. 2 - Підхід до ідентифікації бізнес-моделі, визначення відповідних компаній та опис за допомогою "полотна бізнес-моделі"

Залежно від відповідного джерела спосіб отримання даних різних і повинен подолати різні перешкоди, починаючи від мотивації споживачів і закінчуючи технічними та правовими, етичними, конфіденційними питаннями чи питаннями власності [12].

Ми класифікуємо ці дані наступним чином: (i) зовнішнє введення, (ii) автоматично отримані дані та (iii) дані, що передаються безпосередньо споживачами та методами амбулаторної оцінки.

Дані із зовнішнього входу включають усі дані із зовнішніх джерел, таких як постачальники енергії. Вони можуть доставляти, наприклад, ціни на енергію залежно від часу доби або даних розумного лічильника, що є цінним вкладом для отримання можливих зрушень навантаження тощо за рахунок оптимізації.

Автоматично отримані дані можуть охоплювати дані з розумних лічильників, веб-сайтів та серверів, такі як статистичні дані та дані про погоду. Отримання цих даних вимагає методів автоматизованого збору, таких як додатки баз даних або спеціальне програмне забезпечення для доступу до даних розумних лічильників через їх клієнтські інтерфейси. Якщо дані розумного лічильника не передаються автоматично, тоді їх також можуть передавати самі споживачі. Споживачі можуть надавати інформацію автоматично або вручну, або в електронному вигляді через свій смартфон та комп'ютер, або аналогічним чином через письмові щоденники, усно в очній формі або по телефону.

Беручи до уваги дані, що передаються мобільними додатками, ми можемо розрізнити дані, які генеруються спеціально для цілей, пов'язаних з енергетикою, таких як програми для вимірювань, прогнозування попиту тощо, та дані, які генеруються переважно для інших цілей, наприклад, дані GPS, які можуть бути корисними для передбачити поведінку мешканців.

Порівняно із зовнішніми та автоматичними даними, дані по споживчу та амбулаторну оцінку порівняно важко отримати. Користувачам доводиться надавати дані неодноразово, а це означає, що їх потрібно мотивувати (як внутрішньо, так і зовні), вони можуть, а також пам'ятають робити це неодноразово. Отже, кількість та якість цих даних повинні визначатися з урахуванням як вимог до моделювання, так і того, що можна вважати прийнятним для споживача.

Моделі можуть бути використані в області активної інтеграції користувачів для наступних цілей: (i) аналіз на основі моделювання. Щоб дізнатись про реакцію системи в конкретних умовах (наприклад, споживання енергії при різних заданих температурах для нагрівання та охолодження), потрібно моделювання з різними входами. (ii) оптимізація. Для оптимізації системи з точки зору конкретної мети (наприклад, зменшення споживання енергії при збереженні бажаного рівня комфорту) потрібна модель системи. Часто для оптимізації використовують більш просту модель, ніж для моделювання. Для певних моделей можуть існувати значні обчислювальні обмеження та обмеження щодо структури моделі, такі як вимога до похідної інформації або обмеження на безперервні проблеми без цілих змінних. Це стосується, зокрема, моделей процедур оптимізації.

Висновок

Розумні енергетичні системи покладаються на активну участь споживачів. Споживач повинен приймати, встановлювати та використовувати розумні продукти та послуги. Їм потрібно надати дані та скорегувати свою поведінку. Навіть високоавтоматизовані рішення вимагають певної участі користувачів, і якщо автоматизація не надається, необхідна інтенсивна участь споживачів. Для сталого енергетичного переходу важливо прийняти споживачів як активних учасників енергетичних систем. Для побудови розумної енергетичної системи потрібно не лише розуміти економічні аспекти

ринку та технологічні можливості та обмеження, потрібно також розуміти споживача як людину та сили, що стоять за поведінкою та поведінкою людини.

Веб-інтерфейси та мобільні додатки є важливими інструментами для доставки продуктів та послуг в рамках розумних енергетичних систем. Незважаючи на те, що існуючі програми часто обмежені доступом до виписок з рахунків та можливостей самообслуговування [13], можливостей набагато більше. Мобільні додатки можуть гнучко поєднувати декілька елементів, таких як зворотний зв'язок, інформація та моделювання, і тим самим надавати можливість адаптувати кожну послугу до окремого споживача або споживчого сегменту.

Розумні енергетичні системи - це складна головоломка з різноманітних елементів. Індивідуальний споживач, соціальне середовище, фізичне середовище, цифрові реалії та економічні умови повинні бути враховані та інтегровані, щоб забезпечити успішне функціонування. Для досягнення складних та важливих кліматичних цілей багато наукових галузей докладають багато зусиль для вдосконалення технологій, розробки заходів та пошуку нових рішень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Energy Information Administration (EIA), Annual Energy Outlook 2019 with projections to 2050, Tech. Rep.; 2019. www.eia.gov/aeo.
2. A. Allouhi, Y. El Fouih, T. Kousksou, A. Jamil, Y. Zeraoui, Y. Mourad Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends J. Cleaner Prod., 109 (2015), pp. 118-130, 10.1016/J.CLEPRO.2015.05.139
3. N. Abas, A. Kalair, N. Khan Review of fossil fuels and future energy technologies Futures, 69 (2015), pp. 31-49, 10.1016/J.FUTURES.2015.03.003
4. O. Lucon, D. Uerge-Vorsatz, Ahmed A. Zain, H. Akbari, P. Bertoldi, L. Cabeza, et al. IPCC – Climate Change 2014 – WG III – Buildings Tech. Rep. (2014), 10.2753/JES1097-203X330403
5. European Commission. Energy performance of buildings, 2019. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings>.
6. A. Uihlein, P. Eder Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings Tech. Rep. (2009), 10.2791/86422
7. K. Gram-Hanssen Efficient technologies or user behaviour, which is the more important when reducing households' energy consumption? Energy Efficiency (2013), 10.1007/s12053-012-9184-4
8. M. Alizadeh, Moghaddam M. Parsa, N. Amjady, P. Siano, M. Sheikh-El-Eslami Flexibility in future power systems with high renewable penetration: a review Renew. Sustain. Energy Rev., 57 (2016), pp. 1186-1193, 10.1016/J.RSER.2015.12.200
9. B. Mathiesen, H. Lund, D. Connolly, H. Wenzel, P. Østergaard, B. Möller, et al. Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions Appl. Energy, 145 (2015), pp. 139-154, 10.1016/J.APENERGY.2015.01.075
10. G. Schweiger, J. Rantzer, K. Ericsson, P. Lauenburg The potential of power-to-heat in Swedish district heating systems Energy (2017), 10.1016/j.energy.2017.02.075
11. H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire, S. Svendsen, J.E. Thorsen, F. Hvelplund, et al. 4th Generation District Heating (4GDH): integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems Energy, 68 (2014), pp. 1-11, 10.1016/j.energy.2014.02.089
12. N. Hampl Soziale Akzeptanz von erneuerbaren Energietechnologien International Energiewirtschaftstagung (IEWT), 2019 (2019), p. 2
13. G.P. Verbong, S. Beemsterboer, F. Sengers Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy Energy Policy, 52 (2013), pp. 117-125, 10.1016/J.ENPOL.2012.05.003

Юлія Володимирівна Малогулко— к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Juliya_Malogulko@ukr.net;

Затхей Максим Вікторович— студент, факультет електроенергетики, електромеханіки та електротехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: maxzatkhay@gmail.com.

Juliya V. Malogulko— Ph.D., Assistant of professor of electrical stations and systems department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : Juliya_Malogulko@ukr.net;

Zatkhei Maksym V. - student, Department of Electricity, Electromechanics and Electrical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maxzatkhay@gmail.com