

Технічні науки

УДК 697.27:621.365

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
чл.-кор. НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Natalia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Тимченко Микола Петрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Tymchenko Mykola

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМ
ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ/ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ
CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEMS OF UKRAINE IN THE
CONTEXT OF INTEGRATION OF ENERGY SUPPLY/ENERGY
CONSUMPTION SYSTEMS**

Анотація. В статті розглянуто особливості реалізації стратегії сполучення, яка передбачає інтегровану цілісність різних систем, а саме, систем енергопостачання/енергоспоживання, електроенергетика/теплопостачання, централізована/децентралізована генерація тощо.

Ключові слова: системи централізованого теплопостачання, об'єкти теплової генерації, відновлювані джерела енергії, інтегровані систем енергопостачання, інтегровані системи енергоспоживання.

Summary. The article examines the peculiarities of the implementation of the connection strategy, which provides for the integrated integrity of various systems, namely, energy supply/energy consumption systems, electricity/heat supply, centralized/decentralized generation, etc.

Key words: centralized heat supply systems, heat generation facilities, renewable energy sources, integrated energy supply systems, integrated energy consumption systems.

Один з важливих напрямів досліджень щодо оптимізації систем побутового енергопостачання пов'язаний з розвитком інтеграції систем розподілених джерел генерації не тільки в єдині енергетичні системи, але і з їх інтеграцією із системами споживання енергії. Широке поширення розподілених систем енергопостачання на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) (поки що основними видами ВДЕ-генерації є фотовольтаїчні електростанції та вітряні енергетичні станції) та когенераційних установок стримується нерівномірністю як генерації, так і споживання обох видів енергії – електричної та теплової. Майже завжди не співпадають добові та сезонні графіки потреб споживача в тепловій та електричній енергії з графіками ВДЕ-генерації.

Для вирішення цього питання було запропоновано інтегрувати процеси з одного боку виробництва енергії на базі ВДЕ та інших джерел енергії, з другого боку – споживання енергії з широким залученням до регуляції у часі потужності кінцевих споживачів. Серед них особливу групу складають малопотужні, але численні домогосподарства. Такий підхід створення інтегрованих систем енергопостачання/енергоспоживання

(ІСЕПС) шляхом сполучення галузей виробництва і споживання одержав назву сполучених галузей, "галузевого сполучення" (sector coupling) [2]. Концепція сполучення (нім. Sektorkopplung) розроблена в ФРН, в ході *Energiewende*, а потім поширилася в світі і ЄС.

У цій роботі міститься таке визначення "галузевого сполучення":

– процес координації роботи та планування енергетичних систем по декількох шляхах та / або географічних масштабах для забезпечення надійної, економічно вигідної енергетичної послуги з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Зауважимо, що Данська школа ВДЕ-енергетики не використовує термін "sector coupling", який укорінився в німецькій та англійській літературі. Аналогічне поняття Х. Лунд та його колеги заміщають терміном "coherent" або "інтегроване енергопостачання", що трактується як синергетичне (до того ж "розумне") суміщення електро- та теплопостачальної складової енергетичних систем, зокрема тих, що призначені забезпечувати енергією опалення.

Ідея масштабно інтегрованих систем енергопостачання/енергоспоживання (ІСЕПС) потребує розроблення та впровадження нових технологій. Так, обов'язковою ланкою, точніше – вузлом, таких систем мають бути добові та сезонні накопичувачі енергії, одержаної в години профіциту її виробництва. ІСЕПС зводиться до керування процесами сумісного погодженого протікання процесів ВДЕ-генерації, накопичення та витрачання енергії (головним чином – електричної) в енергоємних секторах (опаленні/охолодженні, транспорті та промисловості). Ціллю ІСЕПС є забезпечення руху впродовж наступних 8-30 років у бік електрифікації (до 2050 – практично повної) економіки, тобто майже повне заміщення ВДЕ-генерацією традиційної теплової генерації на базі спалювання викопного палива. Для природного газу вводяться часові обмеження та відповідне повне обмеження для нафти, її продуктів і вугілля. Крім традиційного акумулювання профіцитної енергії в хімічних акумуляторах, запропоновано

декілька інших напрямів рішень питання щодо накопичення профіцитної (у тому числі – пікової) електроенергії в інші форми енергії (головним чином у теплову, хімічну). Цей процес конверсії позначають аббревіатурою P2X (Power-to-X, де X – вид носія конвертованої енергії (рис. 1).

Найбільш розповсюдженою є конверсія P2H – електрика в теплоту (з використанням джоулевої або індуктивної теплоти та теплових насосів). Можливо накопичувати лід для кондиціонування або для використання у харчових технологіях.

Також електроенергія накопичується за схемою P2G (Power-to-G, де G – горючий газ). Одержали розповсюдження P2G з конверсією на водень (виробляється за допомогою електролізу) та синтетичний газ (метан синтезується з водою та CO₂).

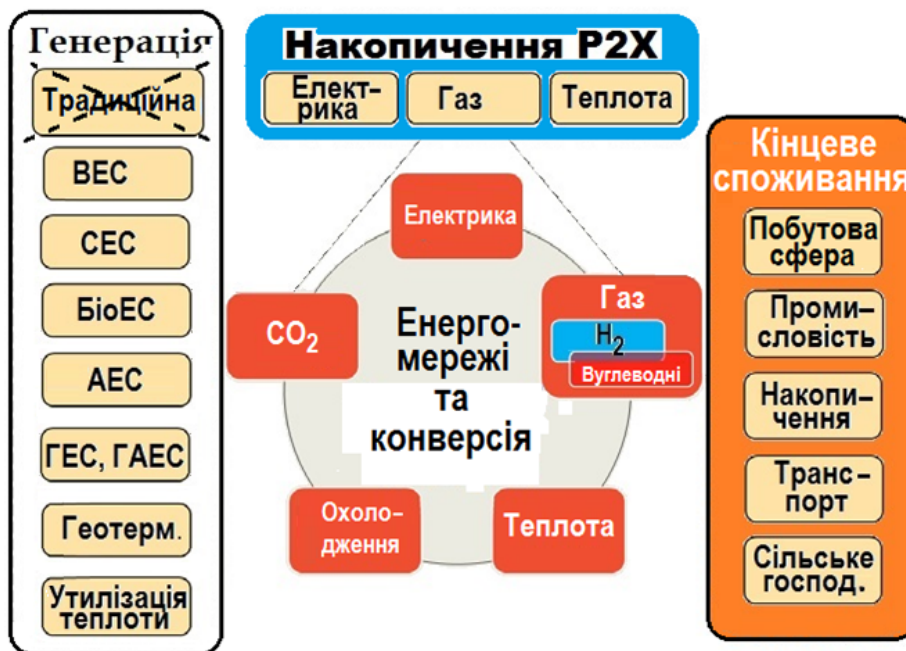


Рис. 1. Галузеве сполучення в інтегрованих системах енергопостачання/енергоспоживання за концепцією P2X (Power-to-X; {X}= (H=Heat, G=Gas=H₂∨CH₄)). (ВЕС- вітряна енергетична станція, СЕС-сонячна електростанція, БіоЕС- електростанція на біопаливі, АЕС- атомна електростанція, ГЕС-гідроелектростанція, ГАЕС-гідроакumuлююча електростанція) [4]

Вважається, що особливе широке розповсюдження процеси Р2Х отримують в системах побутового теплопостачання, а саме в системах централізованого теплопостачання (СЦТ). В Європі в даний час централізоване опалення займає 12 % загального європейського попиту на тепло, як вже зазначалося, лідерами є Данія (51%), Польща (34%). У Німеччині найбільша кількість мереж централізованого теплопостачання в Європі – 1342 у 2014 році), у Данії – 394. Поки що біомаса є найбільш розповсюдженим видом ВДЕ для СЦТ. Очікується, що за допомогою Р2Х процесів коло використання ВДЕ-генерації для СЦТ пошириться. Центральне опалення також може використовувати крім біомаси та електрики, багато інших поновлюваних джерел енергії – відпрацьоване тепло, теплову, сонячну енергію тощо. Центральне опалення суттєво полегшує стратегію просування теплонасосних установок (ТНУ) як одного з важливих рішень декарбонізації енергетики. ТЕЦ повинні зазвичай мати ресурси накопичення теплової енергії, що підвищує гнучкість систем електропостачання і постачання тепла та газу. Також вигідним є комбінований підхід не тільки для опалення, але і для систем електропостачання, охолодження та газопостачання. Це сприяє сполученню ВДЕ-генерації та охолодження.

Щодо «галузевого сполучення», то систему побутового енергопостачання України (СПЕнУ) складають тісно зв'язані (наприклад, технологією комбінованого виробництва теплової і електричної енергії) з одного боку системи побутового постачання теплоенергії (СПП-Т), з другого – системи побутового постачання електроенергії (СПП-Е). Системи побутового енергопостачання України (СПЕн України) багато в чому носять віртуальний характер, оскільки свою функцію СПЕн України виконують за допомогою потоків енергії, теплоносії яких мають різні фізичні форми. Колективно налаштована поведінка дозволяє одержати максимальні фізичні та економічні результатами для кінцевих споживачів. Обидва компоненти

СПЕн України складаються з мультимножинних фізичних постачальників енергії, відповідної інфраструктури і мультимножинних фізичних кінцевих споживачів енергії. Через інформаційно-комунікаційні технології та відповідні засоби вказані компоненти СПЕн України взаємопов’язані між собою і за допомогою інфраструктурних засобів передачі і розподілу енергії утворюють віртуальну енергетичну реальність. Вона може мати, наприклад, вигляд віртуальних електростанцій (ВіЕС) різних типів. Відмінною рисою налагодженої ВіЕС є мінімальні відхилення від профілю оптимальної генерації/споживання енергії у секундному, хвилинному масштабах у добовому циклі. У теперішній час такій крос-системі інституціонально відповідають ідеї та принципу взаємозумовленого міжсекторального сполучення (sector coupling) і узгодженої колективної поведінці. У випадку СЦТ мова йде про інтеграцію процесів енергопостачання/енергоспоживання в найбільш масштабному секторі загального кінцевого споживання енергії.

Нова концепція інтеграції енергетичних (теплових та електричних) систем засновується на інноваційній основі інтегрованих та оптимізованих інтелектуальних систем та смарт-методів DSM (управління попитом ≡ Demand Side Management) та реагування на попит DSR (Demand Side Response - відповідь на сторонні попити). Вона дозволяє забезпечити стале, надійне та енергоефективне функціонування СПЕн України. Донедавна вказані методи DSM/DSR орієнтувалися на кінцевих споживачів з метою мотивації: (1) підвищення енергоефективності в довгостроковому наближенні (DSM); (2) короткотермінового (до кількох годин на добу) змінення споживання енергії у відповідь на погодинні цінові сигнали з поточного ринку електроенергії або від його агрегатора (DSR) [1; 3; 5]; (3) відмови від викопних палив на користь альтернативних їх видів через, не в останню чергу, спроби і намагання позбавитися від дороговартісного імпорту дефіцитних для більшості кількості країн енергетичних ресурсів.

Література

1. Fialko N. M., Tymchenko, N. P., Sherenkovskiy, Ju. V. Fourth Generation of District Heating and Centralized Heating Supply Systems of Ukraine. International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering. CEE 2019: Proceedings of CEE. 2019. Lviv – Košice – Rzeszów. 2019. P. 74–86. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_10
2. Sector coupling: how can it be enhanced in the EU to foster grid stability and decarbonise? Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. 2018. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/626091/IPOL_STU\(2018\)626091_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/626091/IPOL_STU(2018)626091_EN.pdf)
3. Naval N., Yusta J. M., Virtual power plant models and electricity markets - A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. Volume 149. 111393, ISSN 1364-0321; doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111393>
4. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М. Іншеков, Є.Є. Нікітін, М.В. Тарновский, А.В. Чернявський. К.: Поліграф плюс, 2014. 238 с.
5. Ковалко О.М., Новосельцев О.В., Євтухова Т.О. Вступ до теорії енергоефективності багаторівневих систем: методи та моделі енергетичного менеджменту в системі житлово-комунального господарства. К.: НАН України, Інститут технічної теплофізики. 2014. 252 с.
6. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Про необхідність розроблення методики інтегрування бівалентних смарт-модулів гібридної системи електротеплозабезпечення та перспективної ОЕС України–ENTSO-E. Сборник трудов «Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики» Институт промышленной экологии. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2018. С. 107-111.

7. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Технології накопичення енергії у складі інтелектуальних систем енергозабезпечення. Пром. Теплотехніка. 2017. Т. 39, №4. С. 44-54.
8. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Особливості системи централізованого теплопостачання України у складі гібридної системи електрозабезпечення для перспективної системи ОЕС України-ENTSO-E. Міжнародна мультидисциплінарна конференція «Наука і техніка сьогодення: пріоритетні напрямки розвитку України та Польщі» м. Воломін 19-20 жовтня 2018 р. С. 108-111
9. Khalatov A.A., Fialko N.M., Tymchenko N.P. Energy security of Ukraine: Methodological foundations for assessing the level of security and a comparative analysis of the current state. Thermophysics and thermal power engineering. 2020. Т. 42, № 2. С. 18-30. doi: <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2020.2>
10. Фіалко Н.М., Тимченко М.П., Халатов А.А., Шеренковський Ю.В. Інтелектуальні енергетичні системи теплозабезпечення будівель. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва. 2016. № 844. С. 203-209.
11. Тимченко М.П., Фіалко Н.М. ВДЕ-генерація та системи теплопостачання житлово-комунального господарства України. Відновлювана енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті: матеріали ХХ міжнародної науково-практичної конференції. 2019. С. 42-47.
12. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Енергокліматична безпека і системи енергозабезпечення житлового сектору. EcoComfort 2022: Proceedings of EcoComfort 2022. Р. 76–82. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_8