

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*

**ОСОБЛИВОСТІ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛІННЯ СИСТЕМ
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
FEATURES OF THE FOURTH GENERATION OF DISTRICT
HEATING SYSTEMS**

Анотація. Аналізуються основні характеристики четвертого покоління систем централізованого теплопостачання. Розглядаються три групи особливостей цих систем. Висвітлюються властивості четвертого покоління систем централізованого теплопостачання, важливі для майбутніх стійких енергетичних систем.

Ключові слова: системи централізованого теплопостачання, енергетична ефективність, відновлювані і низькопотенційні джерела енергії.

Summary. The main characteristics of the fourth generation of district heating systems are analyzed. Three groups of singularities of these systems are considered. The properties of the fourth generation of district heating systems, which are important for future sustainable energy systems, are highlighted.

Key words: district heating systems, energy efficiency, renewable and low-potential energy sources.

На шляху підвищення енергоефективності централізованого теплопостачання в Україні, зниження його експлуатаційних витрат та надання високоякісних послуг йде поступовий перехід від нерегульованих систем 2-го покоління до автоматизованих систем 3-го покоління і далі до смарт-систем четвертого покоління. У другому і третього поколіннях систем централізованого теплопостачання (СЦТ) не використовується ВДЕ-генерація, в них не відбувається з належною точністю поопераційний смарт-облік енергії, відсутня смарт-диспетчеризація споживання енергії на кожній ланці її виробництва, передачі, розподілу та кінцевого споживання [1-5].

Наступне четверте покоління СЦТ – 4 G-DH (G-DH – «Generation of District Heating») характеризується тим, що при генерації теплової енергії використовують переважно відновлювані і нетрадиційні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, біопаливна, скидна теплота, теплота сміття тощо. При цьому температура в подавальній трубі значно нижче 100°C, яка максимально наближена до фактичної потреби підключених опалювальних приладів кінцевих користувачів. Це дозволило розширити спектр ВДЕ, використати сталеві попередньо ізольовані труби з безканальною прокладкою теплотраси безпосередньо у ґрунті. Енергетична ефективність

четвертого покоління СЦТ більш висока, ніж попередні за рахунок використання інтелектуальних інтегрованих енергетичних систем. Крім теплопостачання до четвертого покоління СЦТ – 4G-DH входить також централізоване охолодження, яке розглядається як його інтегрована частина [6].

В 4G-DH складаються більш сприятливі умови щодо використання теплонасосних установок (ТНУ). Прикладом 4G-DH є синергетична технологія АТЕС – накопичення теплової енергії у водоносному горизонті (АТЕС – Aquifer Thermal Energy Storage), коли центральна ТНУ забезпечує циклічне накопичення і вилучення теплової енергії в водоносних шарах, при цьому влітку у них накопичується теплота (передача тепла від будівлі до підземних вод за допомогою теплообмінника), а взимку вони охолоджуються (нагріта ґрунтова вода прямує на опалення). В даний час розвитку АТЕС, особливо в Європі, приділяється певна увага. Лідером впровадження АТЕС є Нідерланди, де знаходиться 3 тис. систем із загальної їх кількості 3,5 тис. у всьому світі. АТЕС є стандартним, хоча і складним, варіантом районного опалення. Крім Нідерландів, АТЕС будуються в КНР, Бельгії, Туреччині, Швеції та Німеччині. Відомим впровадженням АТЕС є комплекс централізованого теплопостачання будинку «Рейхстаг» в Берліні за проектом Нормана Фроста.

Можна виділити три групи характерних особливостей СЦТ четвертого покоління.

Перша група стосується техніко-економічних процесів розподілу та попиту (у тому числі обліку) енергії. Найбільш розповсюдженим теплоносієм для 4GDH залишиться вода, але при низьких її робочих температурах – від 30 до 70 °С. Трубопроводи – попередньо ізольовані гнучкі, можливі здвоєні (twin pipes) труби; примусові циркуляційні системи з центральними та децентралізованими насосами. Використовуються, в основному, пластинчасті теплообмінники, при цьому не тільки на

індивідуальних теплових пунктах (ІТП) багатоквартирних будинків, але і квартирні ІТП (у тому числі для децентралізованого гарячого водопостачання (ГВП) в нових будівлях). Щорічні питомі (на 1 м² площі, що опалюється) потреби в тепловій енергії в новобудовах оцінюються значеннями до 25 кВт·г /м² (в еквіваленті природного газу – до 2,5 м³/м²), а в існуючих будівлях – 50...150 кВт·г/м² (в еквіваленті природного газу ≈ 5...15 м³/м²). Для порівняння: в будівлях з 2G-DH – 200-300 (у середньому в еквіваленті природного газу ≈ 25 м³/м²), 3G-DH – 100-200 кВт·г/м² (в еквіваленті природного газу ≈ 15 м³/м²). Вимірювачі в СЦТ різних поколінь одержали великий розвиток: від простих витратомірів, встановлених на групових вузлах, до on-line режимів бездротового регулювання на кожному приладі опалення для реалізації зонального мікроклімату з мінімізацією температури зворотної води або більш складними оптимізаційними завданнями, які виникають при реалізації підходу регулювання попиту DSM або DSR (Demand Side Management or Demand Side Response).

Прилади опалення еволюціонують у бік низькотемпературних радіаторів (50 °С) і ультранизькотемпературних приладів – «теплої» підлоги («теплих» огорожень).

Для гарячого водопостачання використовується ефективний локальний теплообмінник опалення ГВП до 50-40 °С. У системах централізованого теплопостачання з температурою подачі 30 °С теплообмінник попередньо нагріває гарячу воду, а тепловий насос з буферним резервуаром і теплообмінником доводить температуру гарячої води до 40 °С, охолоджуючи зворотну воду.

Друга група характерних ознак 4G-DH стосується виробництва енергії (головним чином – теплової) та її системної інтеграції. На відміну від попередніх поколінь СЦТ, (на яких теплота вироблялася на вугільних парових котлах і зрідка на ТЕЦ (1G-DH)); або головним чином на вугільних

чи мазутних ТЕЦ, або ТЕЦ на природному газі (СНД) та іноді тільки на котельних (2G-DH); або на великих ТЕЦ, до яких поступово почала під’єднуватись розподілена генерація на когенераційних установках, а також котли на викопному паливі, біомасі, відходах (3G-DH)), генерація для 4G-DH характеризується низькотемпературною рекуперацією теплоти та домінуючим використанням ВДЕ. Системна інтеграція виробництва теплоти та електричної енергії на перших двох поколіннях СЦТ здійснювалася виключно на ТЕЦ. На етапі 3G-DH теплоту стали одержувати не тільки від ТЕЦ, але і від електричних котлів, особливо у країнах з постійним або тимчасовим надлишком електроенергії. При цьому 3G-DH широко, хоча і не масово, використовують ТНУ, а окремі дуже нечисленні ТЕЦ залишаються на спотовому ринку як виняток.

Третя група характерних ознак 4G-DH стосується мотивів, пріоритетів та аналізу особливостей впровадження майбутньої СЦТ. Ці ознаки відображають проблеми планування і реалізації 4G-DH на базі концепції побудови інтелектуальних теплових мереж з наступною їх інтеграцією з інтелектуальними електричними системами. При цьому енергетичну основу або її велику частину вже у найближчі роки в розвинутих країнах складатимуть потужності ВДЕ.

В третій групі ознак можна виділити питання, що стосуються:

- суспільної мотивації розроблення і впровадження 4G-DH. (Йдеться про необхідність побудови сталої енергетичної системи, потужною складовою якої є СЦТ);

- планування інфраструктури на базі енергосистем без використання викопних видів палива, тобто планування просторового розміщення 4G-DH. Для цього необхідно ідентифікувати та впровадити придатні інфраструктури СЦТ;

- мотивації розроблення 4G-DH за вартісними принципами інвестування, коли виникає дилема між короткостроковими та

довгостроковими граничними витратами та необхідністю інтеграції кращих довгострокових граничних витрат (майбутніх інвестицій). Вони мають включати витрати на управління попитом на енергію методом DSM, тобто управління змінами споживчого попиту на енергоносії в основному фінансовими стимулами. Наприклад, управління за допомогою тарифної політики, спрямоване на те, щоб спонукати споживачів перемістити час споживання енергії з пікових годин на години зниженого попиту. При цьому загальне споживання енергії не зміниться, але зменшиться потреба в інвестиціях для потужностей мережі та електростанцій, у тому числі маневрових, для задоволення пікових потреб. Відповідним технічним засобом є енергонакопичувальні пристрої з розрядженням в години пік та зарядженням у нічному провалі графіку електричних навантажень (ГЕН). Особливе значення методи DSM мають для мереж з суттєвою часткою ВДЕ енергетики з її нерівномірною генерацією СЕС, ВЕС. Крім того, накопичувачі енергії різних типів здатні реалізувати автоматичне первинне, інтелектуальні вторинне і третинне регулювання;

- експлуатаційних мотивів: яким чином найкраще управляти системою постачання/попиту). У 4G-DH охолодження (кондиціювання) споживачів стане важливою складовою СЦТ, які перетворяться на 4G-DHC (district heating and cooling), тобто централізовані системи тепло-, холодопостачання. Також мотивацією є інтеграція ВДЕ з їх переривчастим, стохастичним та флуктуальним характером роботи.

Системи СЦТ четвертого покоління пов'язані із застосуванням смарт (інтелектуальних) теплових мереж. У роботах [6; 7] визначено поняття смарт (інтелектуальних) теплових мереж, як трубопровідних мереж, що з'єднують сусідні будівлі, центр міста чи ціле місто, так що їх можна обслуговувати як з централізованих установок, так із ряду розподілених опалювальних центрів з врахуванням індивідуальних внесків енергії з пов'язаних будівель [8]. Основна увага приділяється зниженню витрат та

втрат теплоенергії через покращення компонентів опалювальної системи та створення синергії шляхом зменшення витрат енергії (головним чином невикопних ПЕР) на опалення або охолодження (кондиціювання) будівель. Це також сприяє кращому використанню низькопотенційної відновлюваної теплоенергії та підвищує ефективність роботи ТЕЦ і потужних теплових насосів. Крім того, в СЦТ, особливо в випадку БКБ та їх зональних угруповань, процеси теплопостачання (генерації енергії та її споживання) реалізуються на нижньому рівні множин кінцевих споживачів (множин агентів або мультиагентної системи), які фізично створюють різновид децентралізованої системи споживання енергії, яка за енергофункціональними характеристиками є своєрідним, по-перше, аналогом системи розподіленої генерації і, по-друге, поки що, "антонімом" зосередженої генерації. Тому при взаємопов'язаній поведінці систем генерації (СЦТ+розподілена генерація)/споживання енергії, яка визначається глобальним фактором – впливом середовища (холодно-жарко), мають проявлятися особливості колективного інтелекту (Swarm intelligence), буквально, – колективної поведінки. Майбутні мережі можуть використовувати низькотемпературні розподільчі мережі з річними середніми робочими температурами розподілу 50 °С (труба подачі) і 20 °С (зворотна труба). Це дозволить вже для пілотних проектів 4G-DH скоротити поточний температурний напір між середньою температурою теплоносія та температурою ґрунту в 2 рази.

Насамкінець зазначимо, щоб мати можливість виконувати свою роль у майбутніх стійких енергетичних системах, 4G-DH потрібно мати п'ять таких властивостей:

1. Здатність забезпечувати існуючі, реконструйовані на нові будівлі низькотемпературним ЦТ для опалення приміщень та гарячого водопостачання.

2. Можливість розподілу тепла в мережах ЦТ з низькими втратами в мережі.

3. Здатність утилізувати тепло з джерел низькотемпературних відходів та інтегрувати відновлювані джерела тепла, такі як сонячне і геотермальне тепло.

4. Здатність бути інтегрованою частиною інтелектуальних енергетичних систем і тим самим допомагати вирішувати завдання інтеграції флюктуальних відновлюваних джерел енергії в інтелектуальну енергетичну систему.

5. Здатність забезпечувати належне планування, витрати та структури стимулів щодо експлуатації, а також стратегічних інвестицій, пов'язаних з перетворенням існуючих систем у майбутні стійкі енергетичні системи.

Література

1. Fialko N., Tymchenko M. District Heating in Ukraine VS 4G-DH Systems. Intellectual Capital is the Foundation of Innovative Development. Monographic series «European Science». 2021. Book 6. Part 3. P. 78-87.
2. Tymchenko M.P., Fialko N.M. Traditional district heating systems vs 4 and 5 G-DH in the context of modern legislation of Ukraine and the EU. Проблеми теплофізики та теплоенергетики: тези XII міжнародної онлайн-конференції: (26-27 жовтня 2021 р.). Київ : Інститут технічної теплофізики НАН України. С. 133.
3. Фіалко Н.М., Тимченко М.П., Халатов А.А., Шеренковський Ю.В. Інтелектуальні енергетичні системи теплозабезпечення будівель. Вісник Національного університету «Львівська політехніка», серія «Теорія і практика будівництва». 2016. № 844. С. 203-209.
4. Тимченко М.П., Фіалко Н.М. 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.
5. Тимченко М.П., Фіалко Н.М. ВДЕ-генерація та системи теплопостачання житлово- комунального господарства України. Відроджується енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції. 2019. С. 42-47.
 6. Thorsen J. E., Lund H., Mathiesen B. V. Progression of District Heating – 1st to 4th generation / Lund H., Hvelplund F., Mathiesen B.V., Østergaard P.A., Christensen P., Connolly D., et al. Coherent Energy and Environmental System Analysis (CEESA), November, 2011; 2013.
 7. Lund R., Mohammadi S. Choice of insulation standard for pipe networks in 4th generation district heating systems. *Appl. Therm. Eng.* 2016. № 98. P. 256-264. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.12.015>
 8. Purdy K. How to Find the Best Cold Climate Heat Pump. URL: <https://carbonswitch.com/best-cold-climate-heat-pump/#:~:text=Based%20on%20our%20research%2C%20the,useful%20heat%20down%20to%20%2D13F>