

АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМОХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ ТА СОРБЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

В даний час невідомо зростаючий дефіцит енергетичних ресурсів, постійне підвищення цін на паливо і електроенергію як ніколи гостро ставлять питання раціонального використання наявних енергоресурсів та енергоресурсозбереження.

Одним з напрямків енергозбереження є забезпечення сталого графіка навантаження на електричні мережі, оскільки забезпечення рівномірного завантаження енергогенеруючих потужностей протягом доби сприяє підвищенню економічності і надійності роботи енергосистеми в цілому.

З метою вирівнювання добового графіка споживання електроенергії (шляхом стимулювання споживання в години мінімального навантаження на електричні мережі за рахунок зниження споживання в години «пік»), в Україні встановлений диференційований за часом доби тариф на електричну енергію: у нічний час – низький (0,35 тарифу), у денний – високий (1,8 тарифу).

Програмою «Енергетична стратегія України на період до 2030 року» передбачено широке впровадження систем опалення житлових будівель, які працюють з використанням електричної енергії. Для цих цілей перспективним є створення опалювального устаткування, яке дозволяє накопичувати теплову енергію в нічний час і здійснювати опалення приміщення протягом доби.

У найбільш повній мірі даним вимогам

відповідають термохімічні та адсорбційні термотрансформатори періодичної дії, принцип дії яких заснований на зворотних термохімічних реакціях та сорбційних процесах. Термохімічні та адсорбційні термотрансформатори мають високі теплоакумуючі властивості завдяки можливості накопичення теплової енергії у вигляді термохімічного потенціалу сорбенту, а також здатності перетворювати низькопотенційну теплоту навколишнього середовища в теплоту підвищеного потенціалу без одночасної витрати енергії шляхом реалізації теплонасосного циклу.

Для створення опалювальних приладів на базі термохімічних та адсорбційних процесів необхідно провести експериментальні дослідження термохімічних реакцій і робочих речовин та розробити концепцію конструкції термохімічного акумулятора з підвищеною густиною акумулювання теплової енергії.

Аналіз останніх досліджень

Аналіз публікацій за даною проблемою показав, що найбільш перспективними для акумулювання високотемпературного тепла є термохімічні реакції розкладання гідрооксидів металів та солей, а також адсорбційні процеси на основі адсорбентів з високою температурою регенерації. В якості адсорбату найбільш перспективним як з енергетичної так і з екологічної точок зору є використання води. В табл. 1 наведені термохімічні реакції та робочі пари, найбільш придатні для акумулювання тепла з ви-

Табл. 1. Термохімічні реакції для акумулювання теплової енергії

Термохімічна реакція	Адсорбент	Адсорбат	Температура регенерації, °С	Теплота адсорбції / дегідратації, кДж/моль	Об'ємна густина акумульованої енергії, МДж/м ³
	Цеоліти	Вода	200...350	55...70	430...750
$Al_2O_3 \cdot 3H_2O \leftrightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$	Активованний оксид алюмінію	Вода	250	57	560
$Mg(OH)_2 \leftrightarrow MgO + H_2O$	Гідрооксид магнію	Вода	350	81	1660
$Ca(OH)_2 \leftrightarrow CaO + H_2O$	Гідрооксид кальцію	Вода	525	104	1240

користання «провальної» електроенергії [1].

Аналіз літературних даних щодо робочих тіл і конструкцій адсорбційних термотрансформаторів показав, що енергетичні та експлуатаційні характеристики агрегату в значній мірі залежать від параметрів адсорбційного шару в адсорбері-десорбері. Тому значна кількість сучасних досліджень сфокусована на розробці та оптимізації конструкцій термохімічних та адсорбційних термотрансформаторів [2].

Результати дослідження

На першому етапі досліджень в якості робочих речовин адсорбційного термотрансформатора вибрана пара цеоліт–вода. В статті [3] наведені результати експериментальних досліджень сорбційних властивостей ряду природних і синтетичних цеолітів та розраховані показники їх енергетичної ефективності в циклі сорбційної термотрансформації.

На рис. 1 наведена принципова схема адсорбційного енергоакумулюючого термотрансформатора, який складається з адсорбера-генератора 1, конденсатора 2, ємкісного випарника 3 для скрапленого сорбату, що розташовані в одному корпусі і мають єдиний паровий простір. Головним елементом апарату є сорбційна касета адсорбера-генератора 1, яка включає в себе сорбент з розвинутою пористою поверхнею, теплообмінник-охолоджувач 4 та нагрівач 5. Затоплений випарник 3 зв'язаний з циркуляційним контуром низькопотенційного джерела енергії. Теплообмінник-охолоджувач та конденсатор термотрансформатора в свою чергу зв'язані зі споживачем тепла.

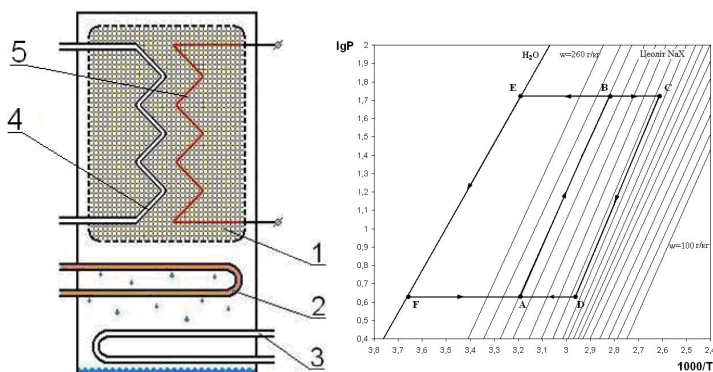


Рис.1. Принципова схема адсорбційного енергоакумулюючого термотрансформатора та робочий цикл в діаграмі $\lg P-1/T$.

Робочі процеси в адсорбційному термотрансформаторі проходять наступним чином. Вночі під час дії пільгового тарифу на споживання електричної енергії подається напруга на електронагрівач термотрансформатора, який перетворює електричну енергію в теплову і нагріває сорбент в сорбційній касеті (процес АВ, рис.1). При підвищенні температури сорбенту з нього починає випаровуватися сорбат (процес ВС), який заповнює паровий простір апарату і конденсується на теплообмінній поверхні конденсатора (процес ВЕ), віддаючи при цьому приховану теплоту конденсації теплоносію, який циркулює в контурі конденсатор – споживач теплової енергії. Зріджений на теплообмінній поверхні конденсатора сорбат стікає в піддон, де накопичується, затоплюючи теплообмінну поверхню випарника. По закінченні процесу регенерації сорбенту, свідченням чого є досягнення заданого рівня сорбату в випарнику, припиняється живлення електронагрівача, і протягом деякого часу постачання теплової енергії споживачу здійснюється за рахунок охолодження сорбенту до температури сорбції (процес CD). Подальше виробництво теплової енергії пов'язане виключно з використанням низькопотенційної теплової енергії довкілля, яка утилізується у випарнику, де при циркуляції теплоносія з низькою температурою кипить сорбат (процес FA). Пара сорбату прямує до адсорбера, де поглинається сорбентом (процес DA). Теплота сорбції, що виділяється в процесі сорбції на температурному рівні 55...60 °С, відводиться до споживача теплової енергії. Процес продовжується до повного випаровування сорбату у випарнику. Потім необхідно повторити цикл регенерації сорбенту. З урахуванням тритарифного графіку споживання електричної енергії, тривалість пільгового тарифу становить 7 годин, таким чином тривалість режиму десорбції також становитиме 7 годин, а режимів сорбції і охолодження 17 годин.

Головним елементом термохімічного термотрансформатора є адсорбер-генератор, який виробляє в безперервному режимі теплову енергію проміжного потенціалу, періодично споживаючи енергію високого потенціалу (електричну) і низькопотенційну енергію довкілля. На основі аналізу відомих конструкційних рішень і результатів досліджень [4], проведених раніше, показано, що найбільш перспективним рішенням щодо адсорбера-генератора є створення модульної касети, з якої можливо збирати

пакети потрібного розміру для апаратів більшої теплопродуктивності. Модульна сорбційна касета повинна відповідати таким умовам: мати велику сорбційну ємність; розвинуту поверхню масообміну; достатню поверхню теплообміну; незначний (<1 мбар) гідравлічний опір шару сорбенту для проходу пари сорбату.

В результаті експериментальних дослідних робіт було встановлено, що найбільш перспективним рішенням є створення модульної касети на базі стандартних оребрених теплообмінних поверхонь. За основу модульної касети прийнята оребрена теплообмінна поверхня, яка серійно випускається Краматорським заводом «Кондиціонер». Технічні характеристики теплообмінника: крок оребрення – 2,5 мм; товщина ребра – 0,15 мм; діаметр трубок – 10 мм; крок між трубками – 21 мм; теплообмінна поверхня – 1,8 м². Міжреберний простір теплообмінника заповнений сорбентом з розміром частинок 0,2...0,3 мм.

Висновки

Адсорбційні термотрансформатори – ефективний інструмент енергозбереження, який дозволяє залучати в енергообіг низькопотенційні вторинні і поновлювальні джерела енергії. Енергетичні показники адсорбційних

термотрансформаторів можливо поліпшити за рахунок застосування сорбційних матеріалів на основі оборотних термохімічних реакцій. Ці робочі речовини дозволяють накопичувати в одиниці об'єму значно більшу кількість енергії в порівнянні з традиційними теплоакмулюючими матеріалами.

Дослідження проводяться за підтримки ДФФД України та РФФД (Проект № Ф28. 7/033 – 2009).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулярование энергии. – М.: Мир, 1987. – 272 с.
2. Yong L., Wang R.Z. Adsorption Refrigeration: A Survey of Novel Technologies // Recent Patents on Engineering. – 2007. – № 1. – P. 1-21.
3. Чалаєв Д.М., Шаврин В.С., Дабижса Н.А., Троценков Ю.Н. Сорбционные термотрансформаторы на базе природных цеолитов // Промышленная теплотехника. – 2007. – Т.29, № 7. – С. 34-38.
4. Розробка та створення енергозберігаючих сорбційних термотрансформаторів на базі нових композитних речовин, що працюють з використанням поновлюваних та вторинних джерел енергії. Звіт про НДР / Інститут технічної теплофізики НАНУ. – № ДР 0106U009785. – К., 2008. – 127 с.

Шкляр В.И., Дубровская В.В., Козачок О.В.

Национальный технический университет Украины «КПИ»

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ БЮДЖЕТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Большинство использующихся традиционных источников теплоснабжения имеют ряд недостатков, среди которых низкая энергетическая и экологическая эффективность, необходимость сложной и дорогой транспортной инфраструктуры, обеспечивающей доставку энергоносителей, и характеризуются недостаточной надежностью, которая является причиной сбоев в теплоснабжении. Тепловые сети являются самым ненадежным элементом системы теплоснабжения, реальный срок службы их в 2...3 раза ниже нормативного.

Цель работы – анализ возможных вариантов

внедрения эффективных технологий теплоснабжения на примере объекта бюджетной сферы – НВК «Школа-коллегиум» им. Т. Г. Шевченко, которая находится в г. Сарны Ровенской области.

Результаты работы

- Проведен энергетический аудит школы и определены тепловые потери зданий.
- Рассчитана тепловая нагрузка школы за 2007–2008 гг.
- Построены графики тепловой нагрузки и интегральный.
- Рассмотрены различные варианты модернизации системы централизованного теплоснаб-