

УДК 620.92: 621.311.61

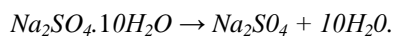
А.Н. Гребенюк канд. техн. наук

(Україна, м Дніпропетровськ, Державний ВНЗ "Національний гірничий університет")

СПОСОБИ АКУМУЛЯЦІЇ ЕНЕРГІЇ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

Вступ. При добовій і сезонній нерівномірності вироблення електроенергії значна економія традиційних енергоносіїв може бути досягнута шляхом акумуляції енергії, вироблюваної в періоди її мінімального споживання. Особливо важливо мати системи, що запасають енергію, при експлуатації установок з нерегулярним виробленням протягом доби або триваліших періодів - вітрових, сонячних. Проблема не вирішується із застосуванням електроакумуляторів - вони дуже коштовні, громіздкі і мають малу ємність. Гідроакумулюючі станції, дозволяють повернути в енергосистему в години пік до 70% енергії, накопиченої в години мінімуму споживання, проте їх будівництво доцільне в місцевостях з гористим рельєфом, де поруч розташовані зручні ділянки для верхнього і нижнього водойм.

Теплова енергія може акумулюватися речовинами, які при нагріві міняють свій агрегатний стан, структуру або хімічний склад, споживаючи або виділяючи при цьому теплоту. Наприклад, кристалічний сульфат натрію, якщо до нього при температурі 32,3°C підводиться теплота, втрачає воду, що входить до складу кристалів:



Цей процес дегідратації супроводжується поглинанням великої кількості теплоти, яка може знову виділитися при зворотній реакції.

При застосуванні акумуляторів в енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії виконуються такі основні функції:

- забезпечення безперебійного енергопостачання споживачам за рахунок накопичення надмірної енергії та подальшого її використання в період відсутності або недостачі;
- забезпечення оптимального режиму роботи джерел енергії та споживачів за рахунок згладжування коливань в енергомережі;
- підвищення потенціалу енергії до необхідного при накопиченні низькопотенціальної енергії;
- перетворення енергії одного виду в інший відповідно до потреб споживача.

Як акумулятори енергії відновлюваних джерел можна використати:

- електрохімічні акумулятори;
- теплові акумулятори;
- акумулятори на основі зворотних фазових переходів;
- акумулятори на основі зворотних хімічних реакцій;
- акумулятори, що працюють при переробці палива за рахунок його збагачування;
- акумулятори, що працюють на основі водню.

Метою роботи є аналіз можливостей акумулювання енергії в енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії.

Матеріали досліджень. Використання електрохімічних акумуляторів є доцільним у комплексі із сонячними та вітровими установками різної потужності. Вони необхідні в установках невеликої потуж-

Енергозбереження та енергоефективність

ності, оскільки при безпосередній роботі відновлюваного джерела для споживача неможливо отримати електроенергію необхідної якості. Дослідження показали, що найбільш ефективними для систем із вітроустановками та сонячними фотобатареями є лугові нікель-кадмієві акумулятори, які можна використовувати навіть при незначних (5 %) зарядних струмах. У Німеччині проводяться роботи зі створення герметичних нікель-водневих акумуляторів із водневим електродом на основі гідратів металів. Вони екологічно чистіші й енергоємніші порівняно з нікель-кадмієвими.

Акумулятори, які використовують теплові ефекти зворотних фазових переходів, характеризуються більш високою густиною енергії тіла при невеликому об'ємі теплоакumuлюючого матеріалу і мають практично постійну температуру розряду. Теплоакumuлятори з фазовим переходом поділяються на низькотемпературні (до 120 °С), середньотемпературні (120-400 °С) та високотемпературні (400-1000 °С). Основні параметри наведено в таблиці 1.

Акумулятори, що працюють із використанням ефекту зворотних хімічних реакцій, характеризуються ще вищою густиною енергії, порівняно з вищерозглянутими акумуляторами, однак вони мають більш високу ціну за рахунок використання відносно дорогих хімічних сполук, а також виділяють газу в процесі хімічних реакцій. В таблиці 2 наведено зворотні хімічні реакції деяких речовин, які можуть бути використані в хімічних акумуляторах енергії [1].

Коли є залишкова енергія відновлюваних джерел, то її можна використовувати для збагачення природного палива під час його переробки, тобто акумулювати енергію в паливі. Ефективність такого акумулювання можна розглянути на прикладі переробки вугілля.

Таблиця 1

Основні параметри теплоакumuляторів із фазовим переходом

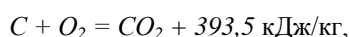
Теплоакumuлюючі матеріали	Діапазон температури плавлення, °С	Об'ємна густина акумульованої енергії, МДж/м
Гідрати солей та їх суміші	30-50	200-400
Органічні сполуки	30-60	150-200
Солі	140-1000	300-1900
Метали та їх сплави	270-1000	540-3000
Луги	300-500	1280

Таблиця 2

Основні параметри деяких хімічних акумуляторів

Хімічні сполуки	Температура, °С	Густина енергії, що акумулюється, ГДж/м ³
$\text{Ca(OH)}_2 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$	525	2,21
$\text{SO}_3 \leftrightarrow \text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2$	650	0,51
$\text{BaO}_2 \leftrightarrow \text{BaO} + 0,5\text{O}_2$	825	2,36
$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$	860	4,82

При звичайному спалюванні вугілля маємо



тобто кожний кілограм вугілля при спалюванні виділяє 393,5 кДж теплової енергії. Якщо обробити вугілля водяною парою, то отримаємо

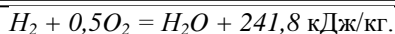


Це означає, що замість вуглецю як енергоносія отримаємо енергоносії у вигляді оксиду вуглецю та водню, а витрата енергії кДж/кг станеться за рахунок енергії відновлюваних джерел.

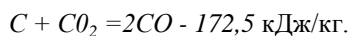
При спалюванні отриманих енергоносіїв будемо мати:



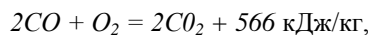
Енергозбереження та енергоефективність



Отже, маємо сумарну теплову енергію 524,8 кДж/кг, що, порівняно зі звичайним спалюванням вугілля (395,5 кДж/кг), дасть збагачення палива на 33,3 %. При обробці вугілля вуглекислим газом маємо



При спалюванні отриманого оксиду вуглецю будемо мати



це означає, що отримаємо збагачення вугілля на 43,8 %.

Акумуляування енергії на основі водню (рис. 1) має великі перспективи. З енергетичної точки зору, водень - це альтернатива нафті та природному газу, при цьому:

- запаси водню в складі води практично невичерпні;
- теплота згорання водню в кілька разів вища, ніж у природних газів;
- водень, як паливо може бути використаний для отримання теплової та електричної енергії, а також у двигунах різного виду;
- водень – екологічно чисте паливо.

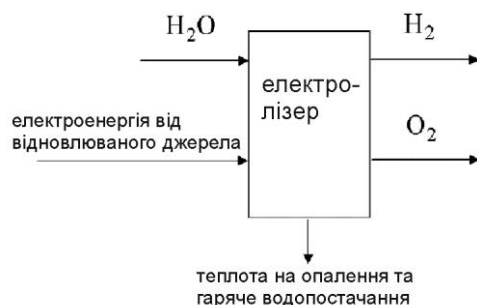


Рис. 1. Акумуляція енергії ВДЕ на основі водню

Система акумуляування на основі водню забезпечує:

- стабільне енергопостачання споживачів;
- розв'язання проблем зберігання водню і його використання з метою отримання теплової та електричної енергії;
- отримання палива з оптимальними характеристиками.

Періоди коливання енергії вітру бувають секундні, хвилинні, годинні, місячні і навіть річні. Коливання енергії згладжуються різними регулюючими пристроями вітрогенераторів. Непостійність ж вітру по часу, з частими штилями від 1 до 5 днів, вимагає спорудження акумуляюючих пристроїв, що дозволяють запасати енергію на період штильових днів. Зміни швидкостей вітру за величиною і за часом зумовлюють застосування в практиці як буферних, так і ємнісних акумуляторів енергії.

Буферні акумулятори здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію в короткі проміжки часу, які обчислюються секундами, хвилинами і до однієї години.

Ємнісні акумулятори здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію протягом тривалого часу – від 1 до декількох годин.

За принципом дії акумулятори, що застосовуються в вітротехніці можна підрозділити на наступні типи: 1) механічні, 2) електричні, 3) гідравлічні, 4) теплові, 5) пневматичні і 6) водневі.

Механічні акумулятори запасують надлишок енергії і віддають при її надлику за допомогою механізмів, таких як: маховика, пружини, підйомники та ін. Ці механізми віддають накопичену енергію робочій машині або зараз же, як маховик, або в певні моменти часу, як пружина.

З існуючих механічних акумуляторів відомий акумулятор Уфимцева – Ветчинкіна. Цей акумулятор складається зі сталевих диска з віссю, підвешеною на шарикопідшипниках; диск укладений у герметично закритий кожух. Вісь диска через спеціальну муфту примикає до генератора і є продовженням осі останнього. Цей генератор приводиться в рух від вертикального вала вітрогенератора за допомогою ремінної передачі. Муфта, що примикає вісь диска до осі генератора, побудована так, що при збільшенні обертів, що буває в момент зростання швидкості вітру, диск нагромаджує живу силу подібно маховику парової машини. Як тільки швидкість вітру знизиться то і знизяться оберти вітрогенератора, диск продовжує обертатися з тими обертами, які він розвивав в цей момент, і муфтою обертає генератор вже за рахунок тієї енергії, яку він накопичив у момент зростання швидкості вітру. Таким чином, генератор працює то

безпосередньо від вітродвигуна, то від інерційного акумулятора. Частота перемикачів муфти залежить від тривалості поривів вітру. В результаті вітроустановка виробляє стабільну за потужністю енергію, незважаючи на пульсуючий характер вітру. Це є тип буферного інерційного акумулятора.

Найменшу вагу на одиницю запасаної інерційним акумулятором енергії має диск рівного опору. Вага диска на 1 л. с. дорівнює:

$$q = \frac{2100}{\sigma}, \text{ кг/л.с.ч.},$$

де σ – напруження на розрив в кг/мм^2 .

Основним недоліком інерційних акумуляторів є втрата на тертя повітря. Що ж стосується втрат на тертя в підшипниках, то, при якісному їх виконанні і правильному мастилі, ці втрати становлять дуже малий відсоток від втрат на тертя повітря. З метою зниження втрат на тертя повітря, укладають обертовий диск в кожух, що герметично закривається, в якому робиться деяке розрідження.

Електричні акумулятори – пристрої, що дозволяють накопичувати і зберігати електричну енергію у вигляді постійного струму для витрачання її за графіком споживання. Елемент електричного акумулятора складається з посудини, наповненої розведеною сірчаною кислотою, і занурених в неї електродів – свинцевих пластинок.

Кількість ампер-годин, що акумулятор може віддавати в мережу, називають ємністю акумулятора. Ємність залежить від кількості і розмірів пластин кожного елемента і від сили розрядного струму при однакових розмірах пластин. Досвід експлуатації показує, що чим повільніше відбувається розряд то ємність акумулятора збільшується, тобто тим більше число ампер-годин він може працювати, поки напруження кожного елемента не знизиться з 2,05 до 1,8 В. Наприклад, якщо акумуляторна батарея здатна при розряді давати 70 А протягом 3 годин, то ємність складає 210 ампер-годин. При силі струму цієї ж батареї тільки в 28 А, для її розряду буде потрібно не 3, а 10 годин, тобто її ємність при цих умовах зростає до $28 \times 10 = 280$ ампер-годин.

Коефіцієнтом корисної дії акумулятора називають відношення роботи, отриманої при повному розряді, до роботи, витраченої при заряді. Величина цього коефіцієнта коливається у межах від 70 до 80%.

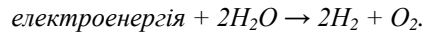
Гідроакумулятори. Гідроакумулятор представляє силову установку, де енергія вітру або інша енергія перетворюється на потенційну енергію у вигляді піднятої на деяку висоту води, яка при своєму зворотньому падінні може здійснювати роботу. Наприклад, вітродвигун розташований в найбільш високій точці, у відкритому для вітру місці і працює на генератор. Одержаний від вітроелектроустановки електричний струм, приводить в рух електродвигун з відцентровим насосом, що подає воду трубопроводом у напірний басейн. При відсутності вітру вода з цього ж трубопроводу надходить у турбіну, яка приводить в рух генератор. Найбільш серйозною спорудою гідроакумуляторної установки є напірний басейн для запасу води. Кількість води, що потрібна на одиницю енергії, що запасується, визначається виходячи з потужності гідротурбіни.

Теплові акумулятори – споруда, в якій енергія вітру перетворюється в тепло і зберігається у вигляді гарячої води для підігріву приміщень, або у вигляді пари, використовуваного в паровій машині або турбіні чи для опалення. Теплоакумулятор, призначений для опалювальних цілей, будується за наступною схемою. У періоди, коли потужність вітроустановки перевищує навантаження, необхідне для споживачів, надлишок електроенергії направляється в електрокотли, в яких вода нагрівається до пароутворення, а потім використовується в опалювальних системах [2].

Акумулятори стислого повітря – використовують, пружні властивості повітря. Компресоване повітря акумулюється під великим тиском в балонах або резервуарах. Таким чином кінетична енергія вітру за допомогою вітрокомпресорної установки може бути перетворена в потенційну енергію стислого повітря, яку можна використовувати для роботи або машин-знарядь, або повітряних турбін. Робота розширення повітря в двигуні становить не більше 60% від роботи, витраченої на стиск цього повітря в компресорі. Вага акумулятора стислого повітря, незалежно від ступеня його стиснення, дорівнює близько 18 кг на 1 кг повітря.

Водневий акумулятор. Великий інтерес для практичного використання представляє водневий спосіб акумулювання. Російський вчений Г. А. Уфимцев у 1918 р. запропонував акумулювати енергію вітру шляхом електричного розкладання води на кисень і водень. Кисень використовується для промислових цілей, а водень для спалювання в двигуні внутрішнього згорання. Так як водень можна запасати в балонах, то представляється можливість акумулювати енергію у вигляді пального водню, який за необхідністю, повинен бути витрачений на роботу теплового двигуна.

На сьогодні технології одержання водню: парова конверсія метану або його часткове окиснення, газифікація вугілля, піроліз, електроліз є енергозатратними, при цьому використовуються запаси газу, нафти та вугілля. Так, енергія, яку одержують з водню видобутого з нафти, у 3,5 рази дорожче, ніж енергія від спалювання бензину. Найпоширеніший в даний час метод електролізу води заснований на реакції:



Електроліз може здійснюватися в рідкій фазі при низькій температурі. Працюють установки низькотемпературного електролізу води потужністю до 3 МВт. Електролітичні ванни обладнані нікелевими електродами, у воду додаються солі калію. ККД процесу електролізу досягає 85%. Для широкого поширення виробництва водню електролізом необхідна дешева електроенергія, яку можна отримувати від нетрадиційних джерел, а також з ТЕС і АЕС в години провалу навантаження.

Метод, який набуває актуальності за останні десятиліття – біологічне виробництво водню. На відміну від хімічних, біологічні процеси відбуваються у водному середовищі при невисокій температурі, тиску та вимагають істотно менше енергетичних затрат. До того ж, ці методи добре підходять для децентралізованого виробництва енергії в невеликих установках на місцях, де утворюються відходи, тому зменшуються витрати на транспортування [3].

Водень є оптимальною сировиною для паливних елементів, в яких електричний струм генерується з хімічної енергії споживаних компонентів, минаючи теплову енергію. Пряме перетворення хімічної енергії в електричну відбувається в паливних елементах без втрат, пов'язаних з необхідністю віддавати частину підведеної теплоти в навколишнє середовище за другим законом термодинаміки, тому паливні елементи мають високий ККД. При їх роботі практично не забруднюється навколишнє середовище. За принципом дії робота паливного елемента протилежна електролізу води.

Хімічні акумуляторні батареї можуть зберігати велику кількість енергії, але для цього потрібно кілька годин зарядки. Конденсатори, з іншого боку, заряджаються майже миттєво, але можуть зберігати невелику кількість енергії. З огляду на те, що в майбутньому перевага буде віддаватися електричним приводам, коли буде потрібно акумулювати і швидко витратити велику кількість електроенергії, цілком імовірно, ми звернемося до суперконденсаторів, які поєднують в собі краще від звичайних батарей і конденсаторів.

Конденсатори мають багато переваг у порівнянні з акумуляторами: вони важать менше, як правило, не містять шкідливих хімічних речовин і токсичних металів, також їх можна заряджати та розряджати мільярд разів, без зносу. Але у них є і великий недолік: щоб зберегти значну кількість енергії, вам потрібно використовувати величезні металеві плити або ж шукати більш ефективний матеріал для діелектрика.

Вивчення варіанта удосконалення діелектричного матеріалу між металевими пластинами привело вчених у середині 20 сторіччя до суперконденсаторів. Суперконденсатори (часто звані ультраконденсаторами) мають багато спільного і з батареями і з конденсаторами. Як і звичайний конденсатор, суперконденсатор складається з двох пластин, розділених діелектриком. Але пластини виготовлені не з металу, а з пористої речовини, наприклад, порошкоподібного вуглецю, який дає їм ефективно велику площу для зберігання відповідно більшого заряду.

Як і батареї, суперконденсатори мають електроліт, електрично активну хімічну речовину всередині нього, що відділяє його пластини і більше схожий на електроліт в батареї, ніж на діелектрик у звичайних конденсаторах. Електроліт, електрично активний шар суперконденсатора, додає ще один аспект: заряджені пластини поляризують електроліт, змушуючи позитивні іони в ньому рухатися в один бік, а негативні в протилежну, викликаючи наступну систему зарядки, що утворює, так званий, електричний подвійний шар, який дозволяє пластинам зберігати велику кількість енергії. Це, до речі, пояснює, чому суперконденсатори ще називають двошаровими конденсаторами. На відміну від батарей, позитивні і негативні заряди в суперконденсаторах утворюються виключно за рахунок статичної електрики, а не під час хімічних реакцій.

Комерційні версії суперконденсаторів, зроблені найбільшими компаніями, мають ємності потужністю до декількох тисяч фарад, що все ще є лише частиною (приблизно 10-20 %) електричної енергії, яку можна «упакувати» в батарею. Але велика перевага суперконденсаторів полягає в тому, що вони можуть заряджатися енергією майже миттєво, набагато швидше, ніж батареї. Це пояснюється тим, що суперконденсатор працює шляхом створення статичних електричних зарядів на твердих тілах, в той час як батареї залежать від повільно поточних хімічних реакцій, часто за участю рідин.

Суперконденсатори функціонують за електростатичним принципом, а не через оборотні хімічні реакції, теоретично вони можуть заряджати та розряджати будь-яку кількість. Вони практично не мають внутрішнього опору, що дозволяє розвинути близьку до 100% ефективність їх роботи.

Висновки:

1. Найбільш ефективними для систем з вітроустановками та сонячними фото батареями невеликої потужності, є використання електрохімічних акумуляторів які необхідні для отримання електроенергії необхідної якості.

2. Можливо використання залишків відновлюваних джерел енергії для збагачення природного палива та акумулювання енергії з використанням тепло-, гідро-, водневих-, хімічних акумуляторів.
3. Використання суперконденсаторів дозволяє розвинути близьку до 100% ефективність їх роботи завдяки малого внутрішнього опору та можливості заряджатися миттєво.

Список літератури

1. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулярование энергии: Перевод с англ. В. Я. Сидорова, Е. В. Сидорова. Под ред. В. М. Бродянского / Г. Бекман, П. Гилли – М.: Мир, 1987. – 272 с.
2. Сотникова О. А., Турбин В. С., Григорьев В. А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем тепло-снабжения / О. А. Сотникова, В. С. Турбин, В. А. Григорьев // АВОК. – 2003. – Вип. № 5.
3. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с..

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Шкрабцем Ф.П.