

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ВОДНЕВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Б.Х. Драганов, доктор технічних наук

Викладено спосіб отримання водню шляхом електролізу на основі відновлюваних (сонячної і вітрової) джерел енергії.

Сонячне випромінювання, генерація водню, фотоелектричний модуль, логічна функція, ймовірність стану.

Середнє значення енергії, що припадає на одного жителя земної кулі, нині досягає 3 тис. кВт·год на рік.

За різними прогнозами до 2050 р. населення Землі становитиме мінімум 7,3 млрд чол., максимум 10,7 млрд, у середньому 8,9 млрд. Це означає, що необхідність в обсягах використовуваної мінеральної сировини помітно підвищиться. Споживання нафти повинно становити 4–5,5 млрд т щорічно (нині 2,7–3 млрд т) [6]. Так само слід очікувати і зростання споживання газу. Обсяги використовуваної мінеральної сировини, якщо допустити незмінність сучасного соціально-економічного становища країн, зростуть в Азії в 1,5–2 рази, Австралії – 2–2,5 рази, Африці – 2–3 рази, на американському континенті в 1,2–1,5 рази, в Європі без особливих змін. Потрібно враховувати ще й те, що прогнози лише екстраполюють сучасний стан справ без урахування прагнення до загального благоустрою.

Мета досліджень – обґрунтування способу отримання водню шляхом електролізу на основі відновлюваних джерел енергії.

Матеріали та методика досліджень. Найпоширеніший спосіб отримання водню з води є електроліз, який у промислових масштабах здійснюється в ввіднолужному електроліті. У сучасних електролізерах води досягнуті високі показники – 4,1–4,2 кВт·год/м³ водню.

Воднева економіка включає в себе:

- первинні джерела енергії – традиційні, включаючи атомні, а також альтернативні – сонячні, вітрові, геотермальні, припливні ГЕС та ін;
- отримання водню, як з вуглеводнів, так і води з поступовим переходом до отримання водню в основному з води;
- способи збереження – газові балони високого тиску, балони, що містять гідроутворюючі інтерметаліди, криогенне збереження, природні та штучні підземні ємності тощо;
- транспорт водню, який частково замінить у майбутньому транспорт природного газу;
- техніку перетворення водню в інші види енергії – теплову, електричну, включаючи паливні елементи. Нині ефективний засіб генерації водню – це атомно-водневий шлях.

Результати досліджень. У Росії розроблений проект модульного гелієвого реактора для генерації електричного струму (ККД – 50 %) з використанням прямого газотурбінного циклу. Енергетична установка ГТ-МГР складається з двох зв'язаних блоків: модульного високотемпературного гелієвого реактора (МГР) і газотурбінного перетворювача енергії прямого циклу (ГТ). Реактор МГР-Т – технологічна модифікація цієї моделі. Роботи знаходяться на стадії технічного проектування з експериментально-стендовим відпрацюванням ключових технологій: палива та систем перетворення енергії.

Разом з тим, слід визнати, що ресурси сучасної електроенергетики недостатні для виробництва водню. Тому актуальною є проблема пошуку дешевих джерел енергії. Ефективний шлях полягає в використанні нетрадиційної енергетики. Прикладом може бути створена українськими та датськими вченими перша в Європі вітро-воднева станція, встановлена в Волькіцентрі (Данія). Істотна перспектива в цьому відношенні у використанні сонячної енергії [6].

Фотоелементи застосовуються для одержання електричної енергії з наступним її використанням для отримання водню шляхом електролізу води (рис. 1).

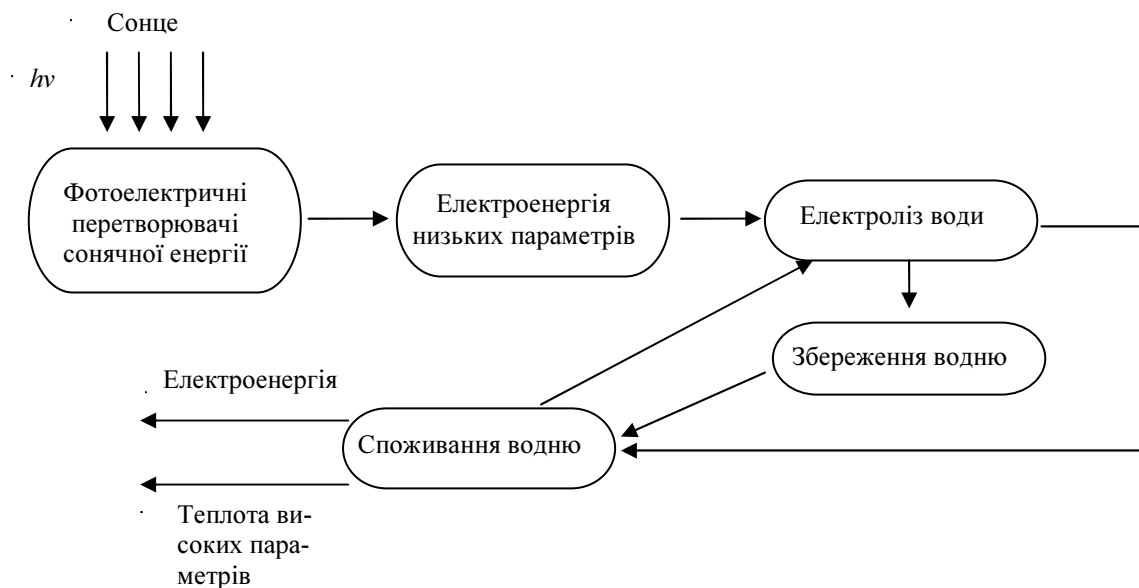


Рис.1. Схема сонячної енергетичної установки для отримання електроенергії з наступною її конверсією у водень шляхом електролізу води

На фотоелектрохімічній установці потужністю 10 кВт, розробленій у Німеччині, отримана питома витрата електроенергії, що дорівнює 3,84 кВт·год/м³ Н₂. Цей показник еквівалентний витраті електроенергії при отриманні водню високотемпературним електролізом води.

Відмінна особливість водневої енергетики на базі сонячної чи вітроенергії полягає в тому, що ці джерела можуть бути використані в більшості регіонів країни. Крім того, цей спосіб генерації водню вимагає невеликих інвестицій у порівнянні з традиційними способами. Це дозволить максимально використовувати наявний потенціал енергоресурсів, адаптовува-

тись до регіональних особливостей, більш гнучко поєднувати централізовані і децентралізовані джерела енергії.

Необхідно враховувати, що навантаження електромереж має добові зміни, і вночі потреба в електроенергії нижча, ніж вдень. Нічне зниження потреби створює провал в добовому графіку навантаження – і саме цей провал може бути заповнений виробництвом водню.

Сонячна енергія та енергія вітру мають нестійкий характер за своєю природою і тому виникає завдання консервації електрики в акумуляторах, що сприяє вирівнюванню змінних навантажень.

У цьому випадку найефективнішим є використання фотоелектричних модулів.

У загальному вигляді прихід прямої сонячної радіації протягом дня на 1 м^2 деякої нерухомої або обертової поверхні можна визначити за формулою:

$$P^*_{дн} = \sum_{t_1}^{t_2} [(P)_{час} \cos x], \quad (1)$$

де $(P)_{час}$ – середній прихід прямої сонячної радіації на нормальну поверхню за певний часовий інтервал у розрахунковому місяці; t_1 і t_2 – час початку і кінця опромінення прямою сонячною радіацією розглянутої поверхні; x – кут падіння прямого сонячного випромінювання на розглянуту поверхню в той же момент часу t .

Помноживши $P^*_{дн}$ на число днів у розрахунковому місяці, отримаємо середньомісячний прихід прямої сонячної радіації на розглянуту поверхню, а підсумовуючи місячні величини, знайдемо річну суму.

Аналогічно підсумовуванням середньостатистичних часових значень розсіяної радіації можна визначити середньоденну величину приходу розсіяної радіації:

$$D^*_{дн} = \sum_{t_1}^{t_2} [(D)_{час} (k)_{час}], \quad (2)$$

де $(D)_{час}$ – середній прихід розсіяної сонячної радіації на горизонтальну поверхню за певний часовий інтервал у розрахунковому місяці; $(k)_{час}$ – коефіцієнт перерахунку приходу розсіяної радіації на розглянуту поверхню, віднесений до середини часового інтервалу для розрахункового місяця.

Фотоелектричний модуль може розташовуватись похило. Частка сонячного випромінювання, яка сприймається похилою поверхнею, визначається коефіцієнтом

$$(k)_{час} = (1 - \alpha/180)_{час}, \quad (3)$$

де α – кут нахилу фотоелемента до площини вимірювань, град.

Для схем з автоорієнтацією його значення дорівнює [2]:

$$(k)_{час} = 1 - [90 - \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t)]/180, \quad (4)$$

де φ – широта місця; δ – кут схилення сонця; t – година дня.

Для підвищення ефективності фотоелектричних установок з автоорієнтацією, що дозволяє з найбільшою мірою сприймати сонячне випро-

мінювання [2], застосовують спеціальні концентратори сонячної енергії [7].

На рис.2. наведено графік виробництва електроенергії на 1 м² фотоелектричної установки за рік в умовах м. Херсон ($\varphi=46,4^\circ$ с.ш.) для двох варіантів: 1 – GaAs фотоелемент, обладнаний концентратором з автоорієнтацією (1) і кремнієвий фотоелемент без концентратора (2).

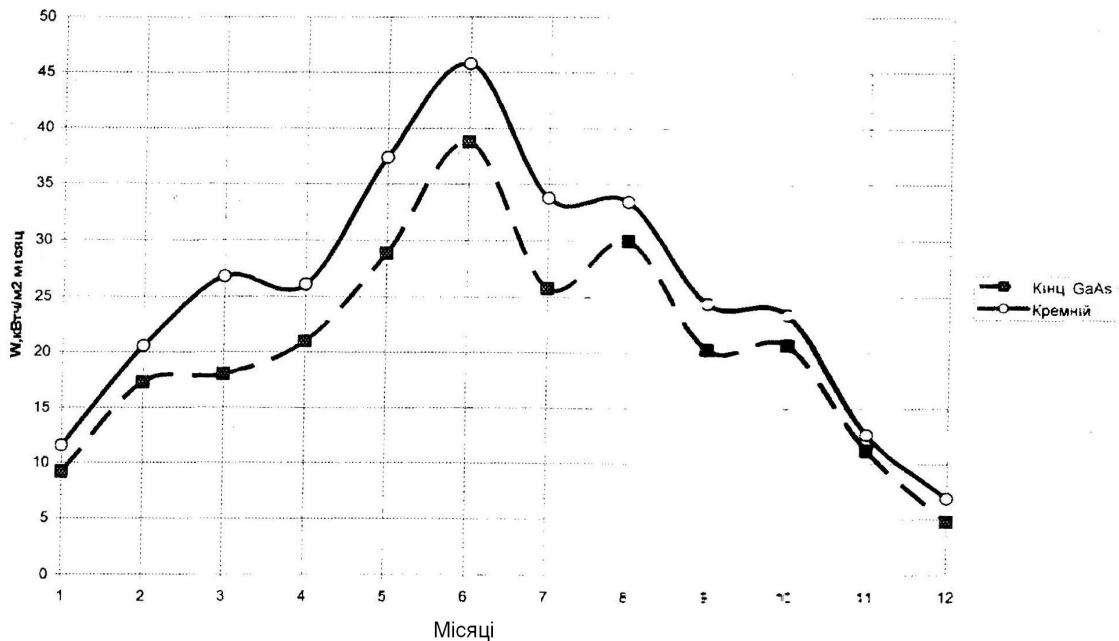


Рис.2. Середньорічне виробництво електричної енергії ФЕП (фотоелектрична станція)

Можна зробити висновок, що застосування концентраторів сонячного випромінювання дозволяє понизити витрату фотоперетворювача на одиницю потужності установки.

Дослідження показують, що автономні фотоелектричні установки невеликої потужності (до одного мегават) доцільно компонувати з рухомих модулів. Для автономних установок великої потужності фотоелектро-станцій мегаватного плану доцільно виконання установок за орієнтованими схемами [2].

Сонячне випромінювання та енергія вітру мають стохастичний характер. Тому для кожного регіону, де встановлений такий технічний пристрій необхідно визначити ймовірність його працездатності за аналізований період експлуатації.

Стан i -го елемента в момент t буде позначати індикатором $x_i(t)$, що дорівнює 1, якщо елемент в момент t працездатний, і 0 у протилежному випадку. Виходить, що стан елемента і системи в цілому визначається за допомогою булевої функції. Нагадаємо, що булева функція – це функція, аргументи якої і сама функція, приймають значення з двоелементної множини $(0,1)$ [7].

Стан системи позначимо $X(t)$. Зрозуміло, що стан системи визначається безліччю станів її елементів, тобто $X(t)$ – вектор виду

$$X(t) = [x_1(t), \dots, x_n(t)] \quad (5)$$

Логічна функція $\varphi(x)$ називається структурною функцією системи. Вона приймає значення 1 для множини станів працездатності системи і 0 – для множини відмов системи. Для послідовності системи можна записати:

$$\varphi[X(t)] = x_1(t_1) \cdot x_2(t_2) \cdot \dots \cdot x_n(t_n).$$

Ймовірність справного стану i -го елемента в момент часу t буде:

$$P_i(t) = p[x_i(t) = 1] = p[\xi \geq t],$$

Для всієї системи можна записати [6]:

$$P_y(t) = P[\varphi(t) = 1] \quad (6)$$

Показник надійності, який визначається як середній час відновлення, визначається як і середній час безвідмовної роботи при заміні випадкової величини τ на величину тривалості періоду непрацездатності t :

$$\tau = M(\eta) = \int_0^{\infty} x dG(x) = \int_0^{\infty} [1 - G(x)] dx, \quad (7)$$

де $G(x) = P[\eta \leq x]$ – розподіл випадкової величини t .

Надійність пов'язана з імовірністю настання майбутніх подій, визначених на основі проведених спостережень. Отже, терміни, що характеризують надійність, можуть використовуватися як у відношенні спостережуваних, так і у відношенні майбутніх подій, і в другому випадку вони мають імовірнісний характер [3].

Перспектива використання поновлюваних джерел енергії безсумнівно істотна, тому треба нею обґрунтовано користуватися.

Висновки

Генерація водню за рахунок сонячного випромінювання є виправданою на більшій території країни. В кожному конкретному випадку слід визначити ступінь ймовірності ефективної генерації водню за рахунок сонячного випромінювання.

Список літератури

1. Гтурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика / Гтурман В.Е. – М.: Высш. шк., 1997. – 479 с.
2. Кудря С.А. Справочная характеристика расчетных и экспериментальных значений выработки электрической энергии кремниевого и концентраторного Ga As ФЭБ в условиях юга Украины / С.А. Кудря., Г.И. Крапивко // Відновлювальна енергетика. – 2009. – №4. – С. 21–24.
3. Надежность систем энергетики и их оборудования. Т.1: Справочник по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики / Под общ. ред. Ю.Н. Руденко. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 480 с.
4. Новиков П.С. Элементы математической логики / Новиков П.С. – М.: Физматгиз, 1973. – 400 с.
5. Пивнюк В.А. Почему солнечно – водородная энергетика? / В.А. Пивнюк // В мире науки. – 2008. – №4. – С. 88–90.
6. Пономарев-Степной Н.Н. Водородная экономика / Н.Н. Пономарев-Степной., В.П. Пахомов // Национальный информационный центр по науке и инновациям. Science RF, 2007. – С. 82–86.
7. Сафонов В.А. Применение плоских концентраторов солнечного излу-

чения для увеличения энерговыработки фотоэлектрических моделей / В.А. Сафонов., С.Б. Смирнов., В.В. Кувшинов // Відновлювальна енергетика. – 2006. – №3. – С. 36–38.

Изложен способ получения водорода путем электролиза на основе возобновляемых (солнечной и ветровой) источников энергии.

Солнечное излучение, генерация водорода, фотоэлектрический модуль, логическая функция, вероятность состояния.

Presents a way to produce hydrogen by electrolysis based on renewable (solar and wind) energy.

Solar radiation, hydrogen generation, photovoltaic modules, a logical function, probability of state.

УДК 621.316.1

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

В.В. Козырский, доктор технических наук

А.В. Гай, кандидат технических наук

Е.Ю. Мовенко, инженер

Проведено оценивание возможных вариантов развития энергосетей и указано на рациональность использования источников распределенной генерации в качестве элементов компенсации реактивной мощности. Поставлены задачи дальнейших исследований.

Распределительная электрическая сеть, источники распределенной генерации, компенсация реактивной мощности.

Энергетические проблемы в последние годы стали одними из важнейших мировых проблем, которые непосредственным образом затрагивают многие страны. Ограничения в наращивании генерирующих и передающих мощностей с использованием традиционных применяемых технологий сдерживают не только развитие промышленности, но и социальное развитие. Во многих развитых странах стремятся использовать распределенную генерацию – малые генерирующие источники, подключаемые к распределительной электрической сети [2].

Целесообразность внедрения источников распределенной генерации также обоснована необходимостью приближения источника электрической энергии к потребителю, что в дальнейшем приведет к уменьшению загруженности распределительных сетей, снижению сечений проводников и потерь энергии при передаче, то есть, позволит снизить тарифы на транспорт электрической энергии. А в условиях потребителей в сельской местности, особо удаленных от основных сетей, источники рас-