

Лобунець Ю.М.



Лобунець Ю.М.

Інститут термоелектрики НАН
і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна

СОНЯЧНИЙ СТАВОК З ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ

Зроблено аналіз характеристик схеми використання сонячної енергії на основі сонячного (соляного) ставка з термоелектричним перетворювачем. Показана можливість створення СТЕГ із прийнятними техніко-економічними характеристиками.

Ключові слова: сонячна енергія; сонячний ставок; термоелектричний генератор

Analysis has been performed of solar energy recovery scheme based on a solar (saline) pond with thermoelectric converter. The possibility of creating a thermoelectric generator (TEG) with a solar pond as the energy source (STEG) with acceptable technical and economic features has been demonstrated.

Key words: sun energy; sun pond; thermoelectric generator

Вступ

Сонячний ставок – це водойма глибиною 2 – 3 м, заповнена сольовим розчином. Завдяки тому, що розчинність солей у воді підвищується з підвищенням температури, можливі такі ситуації, коли відбувається стратифікація розчину – у придонному шарі концентрація (і густина) розчину підвищується, а в поверхневому шарі – знижується. При цьому у водоймі виникають три яскраво виражені зони – верхня конвективна зона товщиною 0,1...0,3 м, що складається із прісної води, градієнтний шар, у якому концентрація солі зростає зі збільшенням глибини, і придонна конвективна зона з максимальною концентрацією солей (рис. 1).

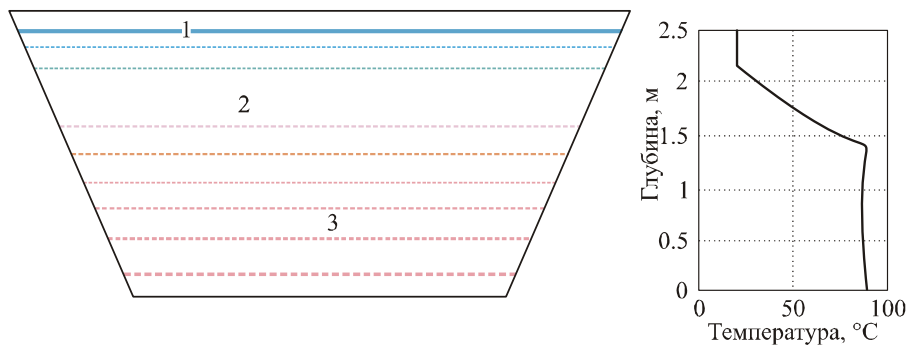


Рис. 1. Схема соляного ставка, [1].

1–прісна вода, 2–ізолюючий шар з збільшенням донизу
концентрацією розсолу, 3–шар горячого розсолу

Градiєнтний шар завдяки тамуванню природної конвекції має високий термічний опір (приблизно на три порядки вищий від термічного опору прісної води в природних умовах). У результаті цього придонний шар виявляється теплоізолюваним від поверхні й здатний акумулювати енергію сонячного випромінювання. Температура в придонному шарі може досягати понад 100 °С. Таким чином, соляний ставок є одночасно й концентратором, і акумулятором сонячної енергії. За оцінками [2], сонячний ставок підвищує густину ексергії сонячного випромінювання в сотні тисяч разів, що робить цю технологію перспективною для створення систем використання сонячної енергії.

У наш час реалізовано низку енергетичних проектів на базі сонячних ставків з паротурбінними генераторами енергії [3]. В [4, 5] проведено техніко-економічний аналіз таких установок, що підтвердив доцільність використання цих систем. Питома потужність таких установок становить близько 20 Вт/м² поверхні водойми, що в 5...7 раз вище, ніж в існуючих гідроелектростанціях. У свій час було проведено дослідження можливих масштабів використання солоної затоки Сиваш, за результатами якого енергетичний потенціал цієї затоки оцінений приблизно в 10 ГВт пікової електричної потужності. Розглянута схема також добре вписується в концепцію комплексного використання глибинної морської води [6] – наявність у схемі низькотемпературного стоку теплової енергії здатна суттєво підвищити ефективність системи перетворення сонячної енергії в цілому.

Поряд з відомими розв'язками використання в подібних системах термоелектричних генераторів може розширитися область застосування таких джерел енергії. У пропонованій роботі аналізуються техніко-економічні характеристики системи перетворення сонячної енергії типу «соляний ставок – термоелектричний генератор».

Схема термоелектричного генератора із сонячним ставком в якості джерела енергії

Розглянемо характеристики термоелектричного генератора, що використовує якості джерела теплової енергії сонячний ставок, якомті стоку – морську воду. Акумульована в придонному шарі ставка тепла енергія видаляється теплоносієм, що прокачується через колектор, прокладений на дні. Теплоносій циркулює через теплообмінник СТЕГ. Охолодження генератора здійснюється водою, що надходить у технологічну схему центру з використання глибинної морської води [6].

Для аналізу схеми використовуємо методику розрахунків ТЕГ, викладену в [7], і дані характеристик сонячних ставків [4, 5].

Вихідні дані для аналізу:

- корисна потужність СТЕГ $N_0=100$ кВт;
- температура теплої води $t_2 = 80$ °С;
- температура холодної води $t_{x0} = 8$ °С;
- ККД сонячного ставка $\eta = 30$ %;
- інтегральний потік сонячної радіації $E_0 = 2000$ кВтг/м² у рік;
- добротність термоелектричного модуля $Z = 0,003$;
- висота термоелементів $h = 0,5$ мм;
- розміри модуля 40×40 мм;
- вартість одного модуля – 3 \$;
- питома вартість теплообмінника – 250 \$/м²;
- питома вартість сонячного ставка – 30 \$/м², [5];
- ціна мережного інвертора – 150 \$/кВт;

Як було показано в [7] характеристики подібної системи для перетворювача теплової енергії океану (ОТЕГ) суттєво залежать від гідравлічного опору теплообмінників термоелектричного генератора. У розглянутому ж випадку, у зв'язку з більш високим коефіцієнтом корисної дії ТЕГ, ця залежність не є визначальною. Оцінку вартості ТЕГ для розглянутої схеми наведено на рис. 2, 3.

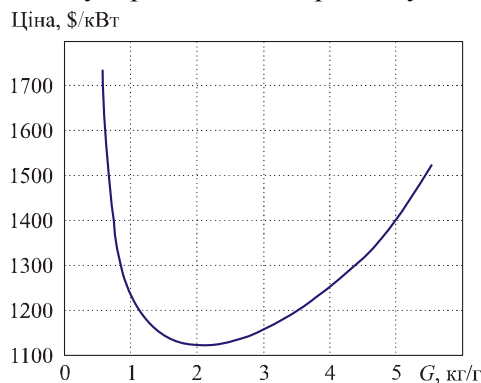


Рис. 2. Залежність питомої вартості ТЭГ від витрати теплоносія G.

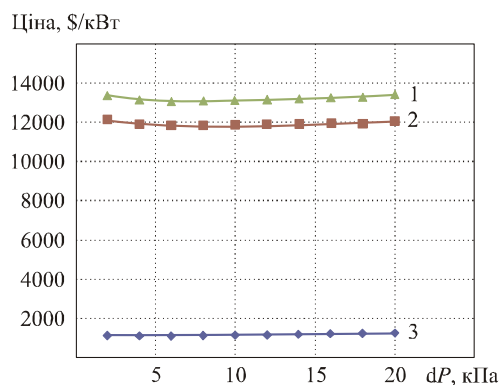


Рис.3. Залежність питомої вартості компонентів СТЕГ від гідравлічного опору теплообмінників

Найбільш капіталомісткою частиною СТЕГ є джерело тепла, що включає сонячний ставок і колектор. Для забезпечення цілодобової роботи СТЕГ ставок повинен мати необхідну теплоємність. За зазначених вище умов необхідна площа сонячного ставка дорівнює 300...350 м²/кВт. Питома вартість джерела теплоти відповідно становить 10...12 тис. \$/кВт, а питома вартість обладнання в цілому – майже 13 тис. \$/кВт (без обліку вартості ділянки землі, необхідної для створення ставка). Таким чином, для СТЕГ потужністю 100 кВт буде потрібен соляний ставок площею порядку 3.5 гектарів; вартість такого обладнання становить майже 1.3 млн. \$.

Наведені вище дані передбачають використання СТЕГ у базовому режимі, тобто за постійного цілодобового навантаження. З повним завантаженням СТЕГ вироблення електроенергії становитиме близько 900 тис. кВтг/рік, що для стандартних строків амортизації в 20 років дає собівартість електроенергії майже 0.07 \$/кВтг. З урахуванням експлуатаційних витрат, податкових відрахувань і прибутків експлуатуючої організації ця цифра може зрости максимум до 0.1 \$/кВтг. Досвід експлуатації подібних систем показує, що за експлуатації в піковому режимі потужність перетворювача може бути підвищена в 3...5 разів з незмінними розмірами сонячного ставка. Під час використання СТЕГ у піковому режимі з коефіцієнтом завантаження 50...70%, необхідна площа ставка (і капітальні витрати) знижуються в кілька разів, і відповідно вартість електроенергії може бути знижена до рівня 0.03...0.06 \$/кВтг. Для порівняння слід зазначити, що сучасний feed-in tariff

для систем фотоелектричного перетворення сонячної енергії в розглянутому діапазоні потужностей становить 0.3...0.6 \$/кВтг, [8]. Тобто, наявні тарифи в 5...10 разів перевищують отримані для СТЕГ значення, що підтверджує високу конкурентоспроможність проаналізованої схеми.

Висновки

Аналіз термоелектричної системи перетворення сонячної енергії показав принципову можливість створення СТЕГ у діапазоні потужностей 100 кВт із техніко-економічними характеристиками, прийнятними для широкого комерційного використання.

Література

1. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко// М.: Энергоатомиздат, 1991. -208 с.
2. Янговский Е.И. Потоки энергии и эксергии / Е.И. Янговский // М.: Наука, 1988. -144 с.
3. <http://soilwater.com.au/solarponds/history.HTM>
4. Kayali. R. Economic Analysis and Comparison of Two Solar Energy Systems with Domestic Water Heating Systems// J. of Physics, 22 (1998) .- pp. 489 -496.
5. <http://soilwater.com.au/solarponds/costs.htm>
6. Deep Seewater “Kumejima model”// <http://www.okinawab2b.jp/misc6.html>
7. Лобунец Ю.Н. Оценка характеристик ОТЭС с термоэлектрическим преобразователем энергии//Термоелектричество. - / Ю.Н. Лобунец 2013, №1.- с. 62 - 67
8. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2012/06/japan-approves-feed-in-tariffs>

Надійшла до редакції 04.01.2013