

## ЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТРИГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІБРИДНИХ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

С.В. Галько, к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

*e-mail: galkosv@gmail.com*

**Постановка проблеми.** Тригенерація є децентралізованою енергоперетворювальною системою, в якій один вид первинної енергії одночасно трансформується у три корисних енергетичних ефекту - електроенергію, тепло і холод. Тригенерація забезпечує використання пристрою генерації круглий рік, тим самим не знижуючи високий ККД енергетичної установки і є на сьогоднішній час однією з найбільш ефективних технологій підвищення енергетичної ефективності і екологічної безпеки. Економія енергоресурсів при використанні тригенераційних технологій досягає 60% [1].

Технологія тригенерації дає можливість перетворити у холод до 80% теплової потужності когенераційної установки, що значно збільшує її сумарний ККД і підвищує коефіцієнт ресурсів її потужності.

Переваги тригенераційної технології:

- тепло є джерелом енергії, що дозволяє використовувати надлишкову теплову енергію, яка має дуже низьку собівартість;
- вироблена електрична енергія може бути подана у загальну електромережу або використовуватися для забезпечення власних потреб;
- тепло може бути використане для забезпечення потреб у тепловій енергії під час опалювального сезону;
- вимагається мінімальні витрати на технічне обслуговування у зв'язку з відсутністю у абсорбційних холодильних установках рухомих деталей, які можуть бути зношені;
- безшумна робота абсорбційної системи;
- низькі експлуатаційні витрати і витрати у продовж всього терміну служби;
- в якості холодоагенту використовується вода замість засобів, які руйнують озоновий шар.

**Аналіз останніх досліджень.** В загальному в якості базових двигунів у тригенераційних установках використовуються теплові двигуни, які працюють на природному газі і альтернативних газоподібних паливах (біогаз і т.п.): газотурбінні і газопоршневі двигуни або переобладнані для роботи на газі традиційні дизель-генератори. Ряд ведучих двигунобудівних фірм для використання в установках автономного

енергозабезпечення налагодили випуск газових двигунів у когенераційному виконанні, які обладнані штатними теплообмінниками для отримання гарячої води або водяної пари за рахунок використання теплоти випускних газів, наддувочного повітря або газоповітряної суміші, теплоти охолоджуючої сорочки двигуна води і мастила, яке змазує.

Перша на Україні тригенераційна установка введена в експлуатацію на заводі ВАТ “Сандора” – “Persico Ukraine” (Миколаївська обл.) у 2011 р. Джерелом енергії в установці є газопоршневий двигун JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher, що працює на природному газі [2].

Недоліком описаних вище тригенераційних установок є використання традиційних джерел енергії (природний газ, дизельне паливо) або біогазу з установкою для його виробництва, що приводить до значного подорожчання в цілому цих установок

**Основні матеріали дослідження.** У всьому світі постійно зростає попит на електроенергію. Для його задоволення здійснюється розвиток альтернативних джерел енергії з використанням сонячної, вітрової, геотермальної та інших джерел енергії. Одним з ключових рішень є розвиток нових технологій перетворення сонячної енергії [3]. Сонячна енергія є найбільш ефективним та чистим джерелом енергії, а також дешевим і вічним джерелом відновлюваної енергії, за допомогою якого можна подолати залежність суспільства від звичайних видів палива та ресурсів [4]. У роботі [5] розроблені рекомендації щодо застосування сонячних станцій: кондиціонування, охолодження, нагрівання, використання в якості зарядних пристроїв тощо.

За існуючих темпів нарощування встановленої потужності сонячних фотоелектричних станцій в Україні вже до 2030 року їх сумарна потужність досягне 8,5 ГВт [6]. Одним з варіантів збереження існуючих темпів приросту потужності фотоенергетики в Україні є розвиток та популяризація автономних систем електроспоживання, наприклад сонячних електростанцій для зарядки екомобілів [7]. Досить привабливим у цьому ракурсі виглядає розробка тригенераційних технологій, а на їх основі і установок [8].

Нами пропонується у тригенераційній установці використовувати гібридні сонячні фотоелектричні панелі (ГСФП) на основі циліндричних когенераційних фотоелектричних модулів (ФЕМ) [9-11]. Експериментальні дослідження і визначення параметрів циліндричного когенераційного ФЕМ для ГСФП приведені у [12,13]. У роботах [9-13] обґрунтовано і експериментально підтверджено використання циліндричних ФЕМ у складі ГСФП. ГСФП за рахунок сонячного випромінювання одночасно генерують електричну і теплову енергії, яка використовується на господарські потреби.

Схематично енергетичний баланс системи тригенерації на основі ГСФП з циліндричними ФЕМ приведений на рис. 1. В системі головною є енергетична установка (ЕУ), в нашому випадку ГСФП, яка генерує електроенергію (ЕЕ) і теплову енергію (ТЕП). Первиною енергією (ПЕ) є енергія сонячного випромінювання.



Рис. 1. Схема енергетичного балансу системи тригенерації

Система має два види обов'язкових втрат: в оточуюче середовище (ОС) та внутрішні незворотні втрати в системі – деструкція системи (ДЕ). Співвідношення когенерації повністю визначається термодинамічними властивостями енергетичної установки. Тепло утилізується для отримання двох ефектів – тепла (ТЕП) і холоду (ХОЛ). Співвідношення продуктивності і температурних режимів установок виробництва тепла і холоду повністю визначається конкретним споживачем.

В загальному вигляді енергетичний баланс системи тригенерації можна представити математичним виразом:

$$Q_{ПЕ} = \frac{Q_{ЕЕ}}{\eta_{ЕЕ}} + Q_{ОС} + Q_{ДЕ} + \frac{Q_{ТЕП}}{\eta_{ТЕП}} + \frac{Q_{ХОЛ}}{\eta_{ХОЛ}}, \quad (1)$$

де  $Q_{ЕЕ}$  – електроенергія, що виробляється ГСФП;

$Q_{ОС}$  – втрати енергії в оточуюче середовище;

$Q_{ДЕ}$  – внутрішні втрати в системі (деструкція системи);

$Q_{ТЕП}$  – теплова енергія, що вироблена ГСФП;

$Q_{ХОЛ}$  – енергія, що вироблена холодильною машиною;

$\eta_{ЕЕ}$ ,  $\eta_{ТЕП}$ ,  $\eta_{ХОЛ}$  – відповідно, електричний і тепловий ККД ГСФП та ККД холодильної машини.

У літній період, коли потреба у теплі, що генерується  $Q_{ТЕП}$ , знижується, збільшується потреба у холоді  $Q_{ХОЛ}$  (кондиціонування приміщень або технологічні потреби). З цією метою можна використовувати абсорбційні бромистолітєві холодильні установки. Таким чином, величина двох останніх складових у рівнянні змінюється при збереженні загального енергетичного балансу.

Розроблена і запатентована корисна модель тригенераційної установки відноситься до відновлюваної енергетики з використанням сонячної енергії для тригенерації. В основу моделі поставлена задача



Струм, генерований охолодженими фотоелектричними перетворювачами (ФЕП) 4 від кожного модуля 2 через низькоомні діоди Шоттки 5 і контролер заряду-розряду 6 поступає на заряд акумулятора 7, до споживачів постійного струму 10, або через інвертор 8 – до споживачів змінного струму 9.

При досягненні температури теплоносія 14 в спільному колекторі 3 заданої величини, за сигналом термодатчика 11 контролер температури 12 вмикає вихровий насос 13, і той проганяє теплоносій 14 по трубах 15,16, який через теплообмінник 17 віддає генеровану теплоту до бака-акумулятора 18, до якого приєднаний абсорбційний холодильник 20. Холодна вода поступає до бака-акумулятора 18 через електротрекляпан 19 знизу, а до споживача поступає “тепло” і “холод”.

**Висновки.** На основі аналізу існуючих тригенераційних установок, що випускаються промисловістю, запропонована тригенераційна установка на основі гібридних сонячних фотоелектричних панелей з циліндричними когенераційними фотоелектричними модулями, що охолоджуються. Технічний результат розробки полягає у збільшенні завантаження і продуктивності автономної генераційної енергоустановки за рахунок додаткової генерації холоду та заощадження традиційних енергетичних природних ресурсів.

### **Список літератури**

1. Галько С. В., Жарков В. Я., Жарков А. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія. Мелітополь: Люкс, 2019. 215 с.

2. Elsenbruch T. Jenbacter gas engines a variety of efficient applications. Burești, 2010. 73 p.

3. Solarenergy: Potentialand future prospect / E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A. A. Adelodun, Kim Ki-Hyun. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 894-900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>.

4. Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy / R. Ciriminna, F. Meneguzzo, M. Pecoraino, M. Pagliaro. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 63. P. 13-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.008>.

5. Sansaniwal S., Sharma V., Mathur J. Energy and energy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 1576-1600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.003>.

6. Zeman System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces / G. Chandra, P. Mouli, M. Bauer. *Applied Energy*. 2016. Vol. 168. P. 434-443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.110>.

7. Галько С. В., Довгалюк С. М., Жарков А. В., Жарков В. Я. Перспективу використання приватних сонячних електростанцій для зарядки екомобілів в Україні. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*: матеріали VI Міжнар. наук.-техн. Інтернет-конф., 19-20 лист. 2018 р. Харків: ДВНЗ “Харківський національний автомобільно-дорожній університет”, 2018. С. 54-56.

8. Жарков В. Я., Жарков А. В., Галько С. В. Технологія використання сонячної енергії для ПДГ. *Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти*: колективна монографія / за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава: ПП “Астрія”, 2019. С. 418-426.

9. Жарков В. Я., Галько С. В., Жарков А. В. Присадибна сонячна електростанція з фотоелектричними модулями циліндричної форми. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. 2015. Вип.165. С.25-26.

10. Присадибна сонячна електростанція з фотоелектричними модулями циліндричної форми: пат. 103043 Україна: МПК (2015.01) H01L 31/00, H02J 7/35 (2006.01). № u 2015 06713; заявл. 07.07.15; опубл. 25.11.2015; Бюл. №22.

11. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 3. С. 130-141. DOI: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-130-141>.

12. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень*: матеріали Міжнар. наук. конф., 10 квіт. 2020 р. Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83-90. DOI: <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.

13. Halko S., Halko K. Research of electrical and physical characteristics of the solar panel on the basis of cogeneration photoelectric modules. *Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial*: Colección de documentos científicos «ΛΟΓΟΣ» con actas de la Conferencia Internacional Científica y Práctica, 24 de abril de 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia, 2020. Vol. 2. P. 39-44. DOI: <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.10>.

14. Автономна тригенераційна енергоустановка рухомого об'єкта: пат. 131432 Україна: МПК (2018.01) H01L 31/00, B60L 8/00, F28D 15/00. № u 2018 08406; заявл. 1.08.18; опубл. 10.01.19, Бюл. №1.

15. Автономна сонячна тригенераційна енергоустановка: пат. 131994 Україна: МПК (2018.01) H01L 31/00, H01J 7/00, F24S 20/00, F02G 5/00. № u 2018 08400; заявл. 01.08.18; опубл. 11.02.19, Бюл. №3.