

УДК 621.311

С.А. Степенко, К.В. Башинський

Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

Використання альтернативних джерел енергії на основі фотоелектричних перетворювачів у провідних арміях світу набуває все більшої актуальності за рахунок прогресу сучасних технологій виробництва самих фотоелектричних перетворювачів, покращення їх масогабаритних показників та непомітності роботи. Досвід проведення антитерористичної операції вказує на крайню необхідність розробки автономних систем електроживлення на основі, альтернативних джерел енергії для використання їх як на стаціонарних віддалених об'єктах так і з комплексами бойової екіпіровки.

Ключові слова: альтернативне джерело струму, автономне містечко, фотоелектричний перетворювач.

Вступ

Постановка проблеми. Оцінка можливості використання альтернативних джерел енергії в Збройних Силах України (ЗСУ), включає в себе аналіз досвіду використання таких джерел у провідних арміях світу та знаходження шляхів реалізації його в інтересах ЗС України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки з'являється інформація щодо використання альтернативних джерел енергії на основі фотоелектричних перетворювачів у провідних арміях світу. Про розробку та проведення випробувань таких джерел енергії можна судити в основному за інформацією спеціалізованих виставок та інтернет-публікаціями [1–3], оскільки дані проєкти знаходяться на етапах розробки або початкової реалізації лише у декількох підрозділах. Достовірної інформації щодо прийняття таких комплексів на озброєння армій країн світу не має.

З аналізу відкритих джерел інформації [1–3], використанням таких систем найбільш інтенсивно займаються в Ізраїлі, США та Австралії.

Метою даної статті є пошук шляхів реалізації світового досвіду з використання альтернативних джерел енергії на основі фотоелектричних перетворювачів в ЗС України.

Основний матеріал

Альтернативні джерела енергії на основі фотоелектричних перетворювачів у ЗСУ можуть використовуватись як стаціонарні об'єкти (для облаштування польових таборів, блокпостів, аеродромів) і як переносні додаткові джерела енергії (в комплекті бойового екіпірування бійця спецпідрозділу при виконанні ним тривалих завдань без обмеження його по часу роботи приладів).

Досвід проведення антитерористичної операції (АТО) на територіях Донецької та Луганської облас-

тей показав велику роль технологій в ході проведення бойових операцій. На сьогоднішній день провідні армії світу намагаються створити так звані комплекси бойового екіпірування військовослужбовця. Засоби управління та інформатизації відіграють надзвичайно важливу роль при функціонуванні таких комплексів, оскільки застосування інформаційних технологій дозволяє підняти на новий якісний рівень озброєння. Вони направлені на підвищення ситуаційної поінформованості солдат за рахунок застосування навігаційних приладів, цифрових карт та поліпшення їхнього рівня взаємодії за допомогою сучасних засобів зв'язку. Звичні засоби ближнього бою поєднуються в бойові комплекси, де системоутворюючим елементом є саме інформаційна складова. У таких комплексах у реальному масштабі часу з більшою питомою вагою автоматизації відбуваються процеси збору, обробки, розподілу й доведення інформації про обстановку (противника, свої війська, місцевість та інше). Створюється так зване інформаційне поле (або простір) про обстановку поля бою, яке формують всі ті, що беруть участь у військових діях, засобами й ресурсами якого можуть скористатися війська при рішенні покладених на них завдань.

Таким чином, основою автоматизованої системи з'єднання повинні бути програмно-технічні засоби для всіх рівнів ієрархії – від солдата до командира дивізії. Солдат повинен мати радіостанцію, GPS приймач та комунікатор, які в комплексі забезпечують обмін інформацією й віддачу наказів, як голосом, так і у цифровому форматі, відображення тактичної обстановки в межах своєї відповідальності (тобто рівня доступу) на наукавному дисплеї, орієнтування на місцевості та інформування командира про своє місцезнаходження.

Всі ці системи неодмінно потребують надійних джерел живлення, якими можуть бути акумулятори. На сьогоднішній день в умовах польового табору найбільш доступним засобом отримання електроенергії є

дизельні або бензинові генератори. Такий спосіб живлення є не тільки більш доступним, але й дорогим. Провідні армії світу намагаються знайти варіанти використання альтернативних джерел енергії, які в порівнянні з традиційними були б більш дешевими.

Що стосується світового досвіду впровадження альтернативних джерел енергії у військовій галузі, то потрібно відзначити, що, наприклад, Міністерство оборони США істотно збільшує витрати на альтернативні джерела енергії – до 2030 року вони перевищать 10 млрд. дол. на рік [4].

З планами по досягненню мети в 3 ГВт встановленої потужності з альтернативних джерел енергії до 2025 року Міністерство оборони США справляється неабиякими темпами – американські військові бази за декілька минулих років збільшили поновлювану енергоемність в 43 рази.

З моменту введення зеленої політики адміністрацією президента Обами в 2010 році, кількість військових баз, які розгорнули проекти з відновлюваної енергетики, зросла з 454 до 700.

В цілому, за станом на 2013 рік, Міністерство оборони має 384 МВт потужностей, які генеруються з альтернативних джерел енергії. Основна частина – 45% припадає на монолітну геотермальну енергетичну установку, розташовану на військовій базі Naval Air Weapons Station China Lake в Каліфорнії [5].

Сонячна енергія знаходиться на другому місці за обсягом встановленої потужності і, звичайно, є найбільш популярним типом з точки зору кількості об'єктів. Американські військові отримують 125,5 МВт сонячної енергії в рік завдяки 25-річному партнерству з сонячною компанією Sun Edison, яка в даний час здійснює будівництво електростанції на основі сонячних батарей потужністю 14 МВт на військово-повітряній базі Девіс-Монтан в штаті Арізона. Також військові співпрацюють з компанією Sun Power, яка встановила сонячні панелі загальною потужністю 39 МВт (31%) для американської армії [6].

В армії Ізраїлю вже реалізовані ефективні міри використання фотоелектричних перетворювачів для облаштування побуту військовослужбовців у польових умовах [7].

Також командування військово-повітряних сил Ізраїлю планує провести заміну всіх своїх дизельних генераторів на фотоелектричні перетворювачі які будуть поставляти енергію базам по всій країні [8].

Армія США використовує переносний пристрій генерації енергії – RENEWS. Це автономна система електроживлення, що переноситься в двох 30-кілограмових кейсах, до складу якої входить вітряна турбіна з додатковими сонячними панелями, яка може жити одночасно 2–3 ноутбуки.

RENEWS (Reusing Existing Natural Energy, Wind, and Solar) призначений видавати до 300 Вт електричної енергії в місцях віддалених операцій, де

подача електроенергії і палива, поповнення запасів є найбільш важкою або ризикованою.

Вітро-сонячний комплекс RENEWS складається з вітрогенератора, трьох гнучких сонячних панелей на 124 Вт, контролера потужності, інвертора змінного струму і блоку, який містить шість акумуляторних батарей ВВ-2590 для зарядки. Він може бути підключений до будь-якої системи фотоелектричних перетворювачів або вітряних турбін для безперервної зарядки [9].

В Німеччині в Збройні Сили постачають контейнери з сонячними панелями Multicon – це готові автономні системи з акумуляторними батареями і компонентами управління енергією. Збірка і розбирання конструкції займає не більше однієї години. Наявний контейнер надійно захищає всю систему від несприятливих атмосферних впливів або механічних пошкоджень [10].

Якщо проаналізувати карту сонячного потенціалу України (рис. 1), можна зробити висновок що використання фотоелектричних перетворювачів на півдні та сході країни може бути досить виправданим. Сама ідея використання фотоелектричних перетворювачів для потреб ЗСУ неодноразово висвітлювалась багатьма науковцями в своїх роботах [11–13].



Рис. 1. Карта сонячного потенціалу України

Існують вітчизняні розробки, які б можливо було використовувати в ЗСУ. Так, у військовому інституті Київського національного університету ім. Т.Г.Шевченка у 2012 році було розроблено фотоелектричну сонячну батарею, яка здатна заряджати ноутбук навіть у похмуру погоду (рис. 2) [12].

Аналіз наявних варіантів мобільних сонячних електростанцій свідчить, що основним недоліком сучасних зарядних пристроїв на основі сонячних елементів є досить тривалий процес заряджання пристроїв, навіть за високого рівня освітленості. Більшість сонячних батарей не мають вбудованого акумулятора, який накопичує енергію вдень, а потім заряджає прилади за умов низької освітленості (вночі). До того ж, багато відомих конструкцій характе-

ризуються низькою надійністю, що не дозволяє ефективно використовувати їх у польових умовах.



Рис. 2. Сонячна батарея розробки Національного університету ім. Т.Г. Шевченка

Для вирішення цієї проблеми в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України розроблено та налагоджено виготовлення мобільних електростанцій на основі кремнієвих сонячних елементів потужністю 10–40 Вт, структурна схема яких наведе на рис. 3.

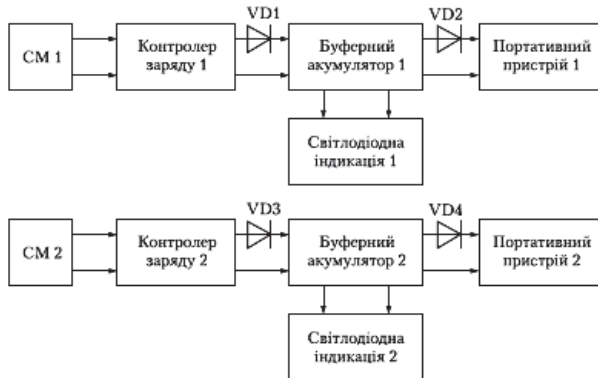


Рис. 3. Структурна схема кремнієвих сонячних елементів

Автономна електростанція містить сонячні модулі (СМ), що перетворюють енергію сонячного випромінювання на електричну; набір буферних Ni-MH акумуляторів; контролер заряду, що забезпечує зарядження буферного акумулятора до заданого рівня напруги; діоди Шоттки (VD1, VD3), які запобігають розряджанню буферного акумулятора на контролер заряду, і діоди Шоттки (VD2, VD4), які запобігають розряджанню акумулятора портативного пристрою на буферний акумулятор; світлодіодну індикацію, що відображує процес зарядження та сигналізує про його завершення. У корпус вмонтовано стандартний автомобільний з'єднувач, клеми якого використовують для підключення навантаження через відповідний адаптер [13].

Цей сучасний виріб призначений для використання в польових умовах, зокрема у зоні проведення антитерористичної операції, геологічних експедиціях тощо, для живлення і зарядження малопотужної електронної апаратури (радіостанцій, мобільних телефонів, тепловізорів, планшетів).

Дослідження та випробування виготовлених сонячних батарей виконувалися в Центрі випробувань фотоперетворювачів та батарей фотоелектричних Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова [13]. Конструкцію мобільної сонячної електростанції виконано у вигляді валізи (рис. 4).



Рис. 4. Конструкція мобільної сонячної електростанції

Вона складається з двох або чотирьох сонячних модулів потужністю 10 Вт кожний; у корпусі кожного модуля міститься контролер зарядження акумуляторів та буферний нікель-метал-гідридний (Ni-MH) акумулятор ємністю 2 А·год (можлива комплектація буферними акумуляторами ємністю до 6 А·год), який дозволяє заряджати/підзаряджати портативні пристрої навіть у похмуру погоду та вночі.

Контроль зарядження/розрядження буферного акумулятора здійснюється за допомогою світлодіодної індикації. З тильного боку сонячні модулі захищено металевими алюмінієвими пластинами завтовшки 3 мм, що підвищує жорсткість конструкції та надійність пристрою.

Щоб запобігти потраплянню вологи в корпус, усі складові, зокрема з'єднувачі, оброблено стійким до УФ-випромінювання герметиком. Виріб пофарбований у камуфляжні кольори.

Основні технічні характеристики мобільної сонячної електростанції: робоча напруга – 12 В; вихідна потужність – 10-40 Вт; ємність акумуляторів –

2–6 А·год; габаритні розміри в робочому стані (2 сонячні модулі) – 530×460×36 мм; маса (для 2 сонячних модулів) – 7 кг [13].

Ще одним з можливих варіантів використання фотоелектричних перетворювачів є встановлення їх на стаціонарних військових об'єктах, таких як автомобільні парки, склади та інше. Для збільшення автономності й захищеності електропостачання таких військових об'єктів авторами статті [12] був проведений аналіз необхідності освітлювальних приладів та їх загальної потужності для освітлення парку площею $S=30000 \text{ м}^2$.

Розрахункова необхідність кількості ламп:

$$n_{\text{л}} = \frac{k \cdot S_{\text{п}} \cdot E \cdot z}{F_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{с}}} = 80, \quad (1)$$

де $k=1,3$ – коефіцієнт запасу; $S_{\text{п}}$ – площа парку, 30000 м^2 ; E – загальна освітленість згідно з нормами, 15 лк ; z – коефіцієнт рівномірності освітлення, $0,8$; $F_{\text{л}}$ – світловий потік, 7800 лм ; $\eta_{\text{с}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку, $0,75$.

При використанні світлодіодних прожекторів типу LED 2.80.4200 потужністю $P_{\text{л}}=80 \text{ Вт}$, визначено середньодобову потребу в електроенергії:

$$W_{\text{ос}}^{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} \cdot t_{\text{ос}} = 38,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2)$$

де $t_{\text{ос}}$ – тривалість роботи системи основного освітлення, 6 год .

При використанні фотоелектричних модулів вітчизняного виробництва KV50/12-V та акумуляторної батареї Santec 12, визначено середньодобове виробництво електроенергії з одного елемента фотоелектричної панелі:

$$W_{\text{сд}} = \eta \cdot H_{\beta} \cdot S \cdot \eta_{\text{ак}} \cdot \eta_{\text{им}} = 1,53 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (3)$$

де η – ККД фотоелектричної панелі, $0,163$; H_{β} – інтенсивність надходження сонячної енергії, $3,24 \text{ кВт} \cdot \text{год}$; S – площа сприймаючої поверхні фотоелектричної панелі; $\eta_{\text{ак}}$ – ККД акумуляторної батареї, $0,75$.

Сумарну річну потребу в енергії на виході фотоелектричної панелі (добову електричну продуктивність) визначають діленням добової потреби в акумуляторах (з врахуванням негоди наступного дня помноженої на 2) на $0,6$ – коефіцієнт врахування витрат енергії на шляху від сонячних батарей до акумулятора:

$$W_{\text{фм}}^{\text{л}} = \frac{2W_{\text{ос}}^{\text{л}}}{0,6} = 128 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (4)$$

Необхідну кількість сонячної енергії для забезпечення добової продуктивності фотоелектричної панелі розраховують за співвідношенням:

$$H_{\text{фм}}^{\text{л}} = \frac{W_{\text{фм}}^{\text{л}}}{\eta} = 785,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (5)$$

де η – ККД фотоелектричної панелі, $0,163$.

Сумарну площу сонячних модулів S для забезпечення потрібного надходження сонячної енергії розраховують за формулою:

$$S = \frac{H_{\text{фм}}^{\text{л}}}{H_{\beta}} = 242,3 \text{ м}^2. \quad (6)$$

Цю необхідність дозволяє задовольнити 61 фотоелектричний модуль вітчизняного виробництва KV50/12-V [12].

Аналізуючи світовий досвід використання сонячної енергії для живлення стаціонарних об'єктів можна привести наступні приклади успішної реалізації: 1) використання установки фірми Ritter XL Solar GmbH на даху військового бункера в Німеччині; 2) використання сонячних батарей армією США під час операцій в Афганістані (рис. 5).



Рис. 5. Використання сонячних батарей в США

Країни НАТО також не відстають в галузі розробки альтернативних джерел енергії. Так, у 2015 році в Угорщині чотири країни НАТО провели навчання, в ході яких військові вивчали можливості використання нетрадиційних джерел живлення та енергозберігаючих технологій для підвищення автономності бойових підрозділів. Навчання проводились в рамках довгострокової програми Smart Energy яка розпочалась ще у 2011 році. В навчаннях приймали участь близько 1,7 тис. військових, які тестували понад 50 одиниць інноваційного обладнання. Особовий склад провів відпрацювання дій по реагуванню на надзвичайні ситуації в масштабах польової бази (рис. 6), включаючи відключення електроенергії, вихід з ладу штатних дизельних генераторів [14].



Рис. 6. Навчання НАТО в рамках довгострокової програми Smart Energy

Проаналізуємо характеристики мобільних електростанцій вітчизняного виробництва та світових аналогів. Технічні характеристики станцій наведені в табл. 1.

Таблиця 1
Технічні характеристики фотоелектричних станцій

Параметр	1				2	3
Потужність, Вт	14,07	14,83	14,45	14,21	40	30
Струм за максимальної потужністю, А	0,873	0,901	0,897	0,827	1,2	4,5
Напруга за максимальної потужністю, В	16,11	16,47	16,11	17,18	12	12

1) Мобільні електростанції розробки Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України [13].

2) Портативна сонячна фотоелектрична станція (одна секція), патент Франції №2746557, МПК Н 02 J 7/35, публ. 26.09.1997 р. рис 7.

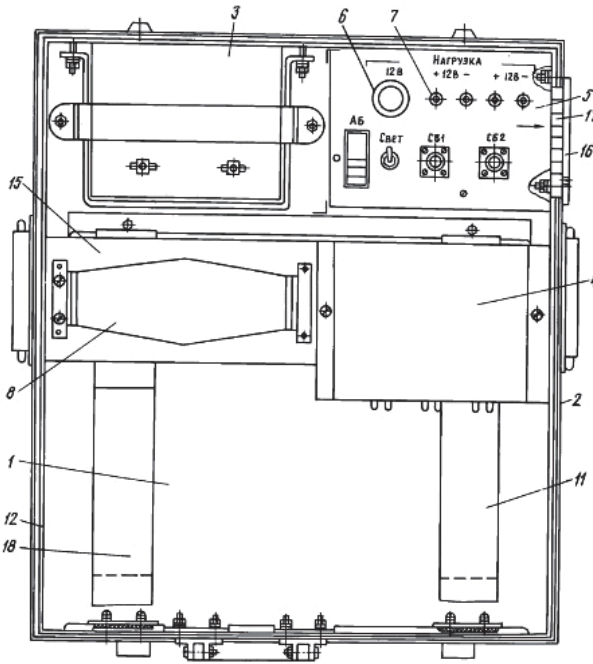


Рис. 7. Портативна сонячна фотоелектрична станція

Переносна фотоелектрична станція (ПФЕС) включає одну або декілька сонячних батарей 1, розміщених всередині корпусу, виконаного у вигляді валізи 2, акумуляторну батарею 3 (не обслуговується), контролер 4 заряду і захисту акумуляторної батареї 3, 5 панель управління, що має роз'єм 6 типу "прикурювач", що забезпечує підключення ПФЕС до акумуляторної батареї транспортного засобу, і штепсельний роз'єм 7 для підключення різної апаратури, в тому числі світильника 8. Валіза 2 складається з підставки 9, кришки 10 з ременем-обмежувачем 11 для фіксації у відкритому положенні, відсіку 12 для розміщення сонячних батарей

1 при транспортуванні, ручок 13 для перенесення, замків 14 для фіксації кришки 10 і виконаний з товстої вологонепроникної морозостійкої фанери (завтовшки від 5–10 мм для роботи при несприятливій погоді). На дні валізи 2 розташовані акумуляторна батарея 3, 5 панель управління і сонячна батарея 1, на верхньому рівні на полиці 15 розташований контролер 4 заряду і захисту і при необхідності економічний люмінесцентний світильник 8 на довгому дроті. На боковій поверхні валізи 2 розташована заглушка 16 на шарнірі для відкривання кабельного вводу 17, система має розкладну конструкцію і виконана у вигляді переносної сумки з ручкою 20, застілками 21, з лицьовим вологостійким захисним плівковим покриттям і тильним вологонепроникним кожухом з товстого матеріалу, зокрема із спеціальної сумкової тканини. В транспортному положенні і/або при зберіганні сонячні батареї 1 знаходяться в складеному вигляді у відсіку 12 валізи 2. Можливе виконання сонячної батареї у формі плоского рюкзака з лямками для перенесення [15].

3) Мобільна сонячна електростанція ЭМС-200П(3) патент №2548154, Російська Федерація функціональна блок схема наведена на рис 8 [16].



Рис. 8. Мобільна сонячна електростанція ЭМС-200П(3)

З основних характеристик цих систем та їх функціональних схем ми бачимо, що по своїм параметрам вони цілком можуть виконувати функції пристроїв для зарядки акумуляторів, або живлення таких систем як малогабаритні переносні радіостанції, GPS приймач, планшет та інші.

Щодо економічних аспектів використання фотоелектричних перетворювачів, то дані системи мають термін окупності від 10 до 15 років у залежності від темпів їх використання та підвищення цін на основні джерела живлення.

Так, варіанти використання систем з сонячними панелями, наприклад, для освітлення парків, складів та інших стаціонарних об'єктів військового призначення (враховуючи терміни служби цих панелей 20–30 років та ціну на електроенергію) мо-

жуть бути досить ефективними. З високою імовірністю можна казати про значне заощадження державних коштів на утримання вищезазначених об'єктів.

Беручи до уваги розрахунки фахівців США щодо цінової ефективності таких систем, можна зазначити, що в США щорічні військові витрати на екологічно чисту енергетику з 2006 по 2009 рік виросли на 300%, з 400 млн. дол. до 1,2 млрд. дол. Зазначається також, що економія коштів на використанні систем з сонячними панелями скоротилася більш ніж на 40% з початку 2011 (рис. 9). Це безумовно пов'язано з тим, що ціни на системи з фотоелектричними панелями мають стійку тенденцію до зниження, в той час, як ціни на електроенергію та паливо постійно зростають [4].

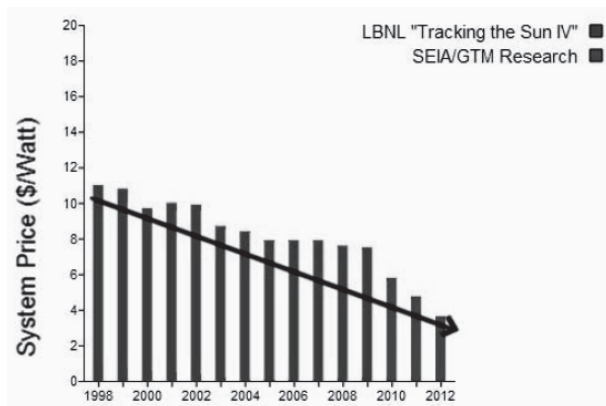


Рис. 9. Розрахунки фахівців США щодо цінової ефективності фотоелектричних систем

Крім того, американські фахівці підраховали заощадження коштів при використанні фотоелектричних перетворювачів у порівнянні з використанням дизельних генераторів, виходячи з початкових даних наведених у табл. 2.

Таблиця 2

Економічні показники сонячних панелей в порівнянні з дизельними генераторами

Сонячні панелі	
Початковий капітал для впровадження	7000 дол. США
Витрати на обслуговування	10 дол. США/на рік
Ресурс	20 років
Дизель генератор	
Початковий капітал для впровадження	200 дол. США
Витрати на обслуговування	0,30 дол. США/година
Ресурс	25 000 годин

Було визначено, що при використанні фотоелектричних перетворювачів замість дизельних генераторів протягом 2 років економія коштів складатиме 6%. Співвідношення між потужністю системи з фотоелектричних перетворювачів та кількістю збере-

женого палива при роботі дизельного генератора наведені на рис. 10.

Найголовнішим є те, що вже досвід АТО вказує на необхідність створення автономних військових місцевостей, де використання фотоелектричних перетворювачів розглядається як один із найефективніших методів забезпечення автономного живлення електроенергією. Деякі підрозділи ЗСУ завдяки волонтерам отримали сонячні панелі, що замінили шумні дизельні генератори, для зарядки радіостанцій та інших пристроїв, що працюють на акумуляторах [18].

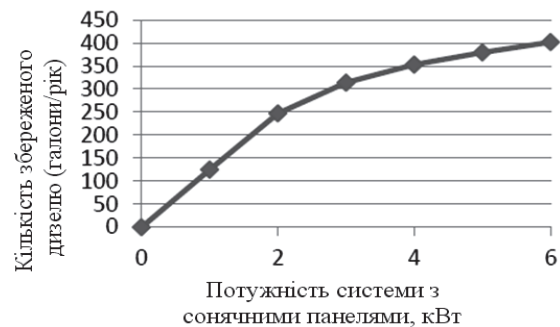


Рис. 10. Співвідношення між потужністю системи з фотоелектричними перетворювачами та кількістю збереженого палива при роботі дизельного генератора

Також волонтерами був створений та переданий до ЗСУ генератор на основі сонячних панелей. Потужність комплексу із фотоелектричними перетворювачами складає 50 Вт, що дозволяє підзаряджати до чотирьох пристроїв одночасно: телефони, радії, мобільні планшети, тепловізори чи прилади нічного бачення з активним живленням [19].

Розвиток альтернативних джерел енергії в Україні має непоганий потенціал, зокрема, в галузі сонячної енергетики. Сьогодні в країні налагоджене власне виробництво високоефективних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів із ККД до 20%. Хоча 90% комплектуючих до таких перетворювачів сьогодні експортується за кордон, наявність високотехнологічного виробництва дозволяє говорити про можливість виробництва фотоелектричних перетворювачів для власного споживання, що значно знизить їх кінцеву вартість. Крім того, своєрідний «фундамент» у розвиток альтернативних джерел енергії вже закладений Законом про стимулювання використання альтернативних джерел енергії.

Окремо слід відмітити переваги використання фотоелектричних перетворювачів у системах електроживлення для військових застосувань:

- автономність;
- економія органічних видів палива;
- загальнодоступність і невичерпність джерела;
- довговічність, при тому, що догляд за ними не вимагає від персоналу особливо великих знань і мінімального обслуговування [20].

Виходячи з аналізу світового та вітчизняного досвіду використання фотоелектричних перетворювачів, можна стверджувати, що сьогодні постає нагальна потреба в забезпеченні підрозділів Збройних Сил України аналогічними комплексами.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз досвіду армій країн світу з використання фотоелектричних перетворювачів, як альтернативних джерел електроенергії може бути корисний при створенні автономного військового містечка на віддалених та пересувних військових об'єктах.

Поточні дослідження виконуються в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи № ДР 0116U006960.

Список літератури

1. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://news.finance.ua/ru/news/-/354288/voennye-predlozhibolee-kompaktnye-i-deshyovye-solnechnye-paneli].
2. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://www.damngeeky.com/2014/09/25/25479/wearable-solar-cell-technology-power-soldier-integrated-power-systems.html].
3. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://prohitech.ru/dlya-armii-ssha-razrabatyvayut-novye-solnechnye-batarei-kotorye-v-1000-raz-tonshe-chem-sovremennye-ih-analogi/].
4. Solar Energy Industries Association/Enlisting the Sun-Final Powering the U.S. Military with Solar Energy/Вашингтон, 2013.
5. American Council On Renewable Energy /Renewable Energy for Military Installations/Вашингтон, 2013.
6. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://astanasolar.kz/ru/news/nebyvalyy-rost-solnechnoy-energetiki-na-amerikanskih-voennyh-bazah].
7. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://macos.livejournal.com/929623.html].
8. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://solargenerator.com.ua/solar/solar_battery/46-perenosnaya-solnechnaya-elektrostantsiya-renews-v-armii-ssha.html].

9. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://solargenerator.com.ua/solar/solar_battery/46-perenosnaya-solnechnaya-elektrostantsiya-renews-v-armii-ssha.html].

10. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://stark-ups.com.ua/news.php?action=view&cont_id=52].

11. Лагутін Г.І. Аналіз можливості використання альтернативних джерел електричної енергії для живлення військових об'єктів Збройних Сил України / Г.І. Лагутін, В.М. Лисенко, В.Д. Заболотний // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2013. – № 3(35). – С. 24-27.

12. Обґрунтування можливості освітлення парків в місцях постійної дислокації за допомогою сонячних батарей у Львівській області / В.О. Чумакевич, В.В. Атаманюк, І.В. Пулейко, А.М. Дубовський // Військово-технічний збірник Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – Львів, 2015. – Вип. 2(13). – С. 42-45.

13. Литовченко В.Г. Мобільні сонячні електростанції для використання в польових умовах / В.Г. Литовченко, В.П. Мельник, Б.М. Романюк // Вісник НАН України. – К., 2015. – № 11. – С. 54-58.

14. Електронний ресурс. – Режим доступу: [https://www.imena.ua/blog/nato-green/].

15. Портативна сонячна фотоелектрична станція (одна секція), патент Франції №2746557, МПК Н 02 J 7/35, публ. 26.09.1997р.

16. Мобільна сонячна електростанція ЭМС-200П(3) патент №2548154, Російська Федерація.

17. Brian Severson / Feasibility Study of Photovoltaic Panels in Military Temporary Housing Structures / Green Technologies Conference, 2013 IEEE.

18. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://gazeta.ua/ru/articles/regions/_volonteriy-peredali-v-ato-solnechnye-batarei/711094].

19. Електронний ресурс. – Режим доступу: [https://www.imena.ua/blog/ato-solar-power/].

20. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://ua-referat.com/Сонячні_батареї].

Надійшла до редколегії 7.11.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Б. Леонтєв, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ УКРАИНЫ

С.А. Степенко, К.В. Башинский

Использование альтернативных источников энергии на основе фотоэлектрических преобразователей в ведущих армиях мира приобретает все большую актуальность за счет прогресса современных технологий производства фотоэлектрических преобразователей, улучшения их массогабаритных показателей и незаметности работы. Опыт проведения антитеррористической операции указывает на крайнюю необходимость разработки автономных систем электропитания на основе альтернативных источников энергии для использования как на стационарных удаленных объектах, так и с комплексами боевой экипировки.

Ключевые слова: альтернативный источник тока, автономный городок, фотоэлектрический преобразователь.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF USING ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY BASED ON PHOTOVOLTAIC CELLS IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE

S.A. Stepenko, K.V. Bashinsky

The use of alternative sources of energy based on photovoltaic cells at the leading armies of the world is becoming more important due to the progress of modern production technology of photovoltaic cells, improving their overall dimensions and stealth operation. The experience of the antiterrorist operation indicates an extreme need to develop autonomous systems of power from alternative energy sources to be used as the stationary remote sites and complexes of military uniforms.

Keywords: alternative source of current, autonomous township, photovoltaic cells.