

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації
виробництва та інженерної екології
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Шателюк Дмитро Миколайович

УДК 629.91

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка мобільної сонячної електростанції для потреб військовий ЗСУ
В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *магістр*
Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

_____ Шателюк Д.М.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Войцицький Анатолій Павлович
(прізвище, ім'я, по батькові)
К. Т. Н., доц.
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Шателюк Д.М. «РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ПОТРЕБ ВІЙСЬКОВИХ ЗСУ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ»

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Поліський національний університет, Житомир, 2020.

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, оскільки дані проекти знаходяться на етапах розробки або початкової реалізації лише у декількох армійських підрозділах. Тому запропоновано розглянути це питання для можливості розробки мобільної сонячної електростанції для потреб військових ЗСУ в польових умовах

***Ключові слова:** альтернативні джерела енергії, сонячна електростанція, ЗСУ, фотоелектричний перетворювач, електроживлення, автономна система.*

SUMMARY

Shatleyuk D.M. "DEVELOPMENT OF A MOBILE SOLAR POWER PLANT FOR THE NEEDS OF MILITARY ARMS IN FIELD CONDITIONS"

Qualification work for a master's degree in specialty 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

In recent years, there has been information about the use of alternative energy sources based on photovoltaic converters in the world's leading armies. The development and testing of such energy sources can be judged mainly from the

information of specialized exhibitions and Internet publications, as these projects are in the development or initial implementation stages in only a few army units. Therefore, it is proposed to consider this issue for the possibility of developing a mobile solar power plant for the needs of the military Armed Forces in the field

Keywords: *alternative energy sources, solar power plant, Armed Forces, photovoltaic converter, power supply, autonomous system.*

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОБЛЕМ, З ТЕМИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ВИКЛАДЕНИЙ У ОПРАЦЬОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛАХ	7
1.1. Загальна інформація	7
1.2. Сонячна енергетика у провідних арміях країнах світу	7
1.3. Сонячна енергетика у ЗСУ	10
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНО-ГО РІШЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЗСУ	13
2.2. Розміщенням підрозділів ЗСУ у польових умовах	14
РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛ ДОСЯГНЕННЯ МЕТИ	16
3.1. Необхідне знаряддя військово-службовця в польових умовах	16
3.2. Визначення потужність мобільної сонячної електростанції	19
3.3. Рекомендації підзарядки акумуляторів в польових умовах	22
3.4. Вибір та обґрунтування сонячних панелей	23
3.5. Розробка схем електричної структурної та принципової мобільної СЕС	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	31

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кожна держава зобов'язана вибудувувати багаторівневу систему безпеки, яка має політичну, економічну, дипломатичну і оборонну складові. Тому постає питання 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.

На основі фотоелектричних перетворювачів розробляються та виготовляються мобільні фотоелектричні станції, які являють собою автономне джерело енергії і може бути використана як в польових умовах, так і для стаціонарного використання. Хоча, звичайно, основним призначенням станції служить зарядка акумуляторів різних пристроїв військової потреби.

Мета і завдання роботи. Метою даної кваліфікаційної роботи є пошук шляхів реалізації світового досвіду з використання альтернативних джерел енергії на основі фотоелектричних перетворювачів в ЗС України.

Предмет та об'єкт дослідження. Предметом та об'єктом дослідження є процес створення (розробки) мобільної сонячної електростанції для потреб ЗСУ у польових умовах.

Методи дослідження. Методи дослідження носять теоретичний характер з використанням вимог до запропонованих у відповідних інформаційних джерелах.

Практична цінність. Дане рішення застосування розробленої мобільної сонячної електростанції в польових умовах може бути корисний при створенні автономного військового розташування на віддалених та пересувних військових об'єктах.

Перелік публікацій автора за темою дослідження

1. Войцицький А. П., Шателюк Д.М. Монографічний аналіз використання сонячної енергетики для війських потреб.

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. С. 170-175. «Наукові читання – 2020». 5-6 березня 2020 року м. Житомир.

2. Войцицький А. П., Шателюк Д.М. Сучасний напрям застосування альтернативних джерел для військових потреб.

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. 70-75. «Біоенергетичні системи». 29 травня 2020 Житомир, Україна.

3. Войцицький А. П., Шателюк Д.М. Визначення та обґрунтування величини напруги підзарядки акумуляторних батарей в польових умовах.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ, З ТЕМИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ, ВИКЛАДЕНИЙ У ОПРАЦЬОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛАХ

1.1. Загальна інформація

Кожна держава зобов'язана вибудовувати багаторівневу систему безпеки, яка має політичну, економічну, дипломатичну і оборонну складові.

Тому постає питання 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.

Все більшої актуальності за рахунок прогресу сучасних технологій а саме фотоелектричних перетворювачів, зменшення їх масогабаритних показників та непомітності роботи.

На основі фотоелектричних перетворювачів розробляються та виготовляються мобільні фотоелектричні станції, які являють собою автономне джерело енергії і може бути використана як в польових умовах, так і для стаціонарного використання. Хоча, звичайно, основним призначенням СЕС служить зарядка акумуляторів різних пристроїв військової потреби.

1.2. Сонячна енергетика у провідних арміях країнах світу

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, оскільки дані проекти знаходяться на етапах розробки або початкової реалізації лише у декількох армійських підрозділах. З аналізу відкритих джерел інформації, використанням таких

систем найбільш інтенсивно займаються в Ізраїлі, США, Німеччині та Австралії.

Першими хто почав розроблювати експериментальні генератори на відновлювальних джерелах енергії були американські військові в 2007 році.

Президент США Джордж Буш молодший ухвалив закон, який вимагав щоб 30% енергії яка використовувався населенням, генерувати з відновлювальних джерел.

Для військових науковців було поставлена ціль, розвиток та вдосконалення існуючих технологій, що дозволяють виробляти відновлювальну електроенергію і ціль була поставлена до позначки в 1 ГВт, а також розробка нових систем та агрегатів, що дозволятимуть незалежно від обставин і зовнішніх умов забезпечувати електроенергією .

У зонах бойових дій відновлювальна енергія, може мати дуже велику перевагу для військових. Аргументовано це тим що, буде зведена до мінімуму поставку пального для генераторів, замість пального можна більше постачати медичних припасів, амуніції та продуктів харчування для військових.

Також, ведуться розробки по вдосконаленні колісної техніки, заміна двигунів внутрішнього згорання у яких КПД складає 20-40% на електродвигуни в яких КПД складає 90-95%. Великим плюсом електромобілі є те що він практично безшумний, що має переваги наприклад в розвідувальних операціях, практично не потребує обслуговування що мінімізує кількість зупинок під час руху. Також завдяки рекуперації, батареї підзаряджаються при спусках з гір (склонів) і під час гальмування.

Комплекс RENEWS складається з вітрогенератора, трьох гнучких сонячних панелей потужністю 124 Вт, контролера потужності, інвертора змінного струму і блоку, який містить шість акумуляторних батарей для зарядки. Він здатний до підключення будь-якої системи фотоелектричних перетворювачів або вітряних турбін для безперервної зарядки.

Видобутки нафти в період 2007-2015 роках скоротились більш ніж на 25%. За цей період ціна за один рік для забезпечення військ паливом склала 14,28 млрд доларів. Грандіозним проектом для військових з відновлювальних джерел енергії стало, розробка та будівництво експериментальної гібридної установки, яка генерувала енергію за допомогою вітру та сонця її розмістили в Форт-Худі, штат Техас, що включала в себе 63 000 сонячних панелей, розташованих на базі, і 21 вітряних турбін, встановлених за її межами. Потужність такої електростанції становила 65 мегават електроенергії.



Рис. 1.1. Сонячна енергія на службі армії США

Впровадження найбільшого в американській армії проекту з відновлювальної енергетики, це дало змогу зекономити більше 2 мільйонів доларів в рік на електроенергії. Також є стратегії що впродовж наступних 20 цей показник збільшиться до 100 мільйонів доларів, і повним переходженням до ВДЕ.

В Німеччині в Збройні Сили постачають контейнери з сонячними панелями Multicon – це готові автономні системи з акумуляторними батареями і компонентами управління енергією. Збірка та демонтаж конструкції займає не більше однієї години

Бундесвер закуповує сонячні системи типу off-grid з високопродуктивними сонячними панелями aleo solar. Даний вид панелей розроблений для мобільних штабів, госпіталів. Щоб частково компенсувати

затрати дизельного пального. І забезпечити постійне і безперервне живлення військових госпіталів і штабів.

Вже відбувається частковий перехід з дизельних генераторів на генератори з відновлювальними елементами живлення. І це дає позитивні результати в енергетичних показниках і затратах для добування енергії. Як передає SolarPanels, ізраїльські військові не побажали залишатися в стороні від енергетичної революції, а тому ухвалили рішення замінити всі свої дизельні генератори на сонячні батареї, які будуть постачати енергію баз по всій країні[16].

За попередніми даними, ЦАХАЛ в найближчі два десятиліття перейде на виробництво майже всієї необхідної електроенергії від сонця. Згідно з інформацією ізраїльського сайту BBC, Інститут Ізраїлю, заручившись перевагами, обіцяними державною програмою, розширив свої можливості в сфері відновлюваних джерел енергії за останні роки. Ініціатива уряду створила великий ринок для постачальників обладнання, що обслуговують тих, хто досліджує нові можливості енергетичної технології [16].

Командування військово-повітряних сил Ізраїлю планує провести заміну всіх своїх дизельних генераторів на фотоелектричні перетворювачі які будуть поставляти енергію базам по всій країні [16].

1.3. Сонячна енергетика в ЗСУ

Проведений аналіз вітрового потенціалу України показав, що за середньою швидкістю вітру на висоті 10 м доцільними для застосування вітроустановок регіонами України є Карпатські та Кримські гори, а також західні та східні області Кримського півострова. Можливість застосування мікро-ГЕС обмежується наявністю відповідних водних ресурсів в безпосередній близькості до військового об'єкту – враховувати можливість промерзання малих річок тощо. В цьому разі зазвичай перевагами є сонячної енергії та її невичерпаність та екологічна чистота.

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.1.2) [6].



Рис. 1.2. Сонячна батарея розробки Національного університету ім. Т.Г. Шевченка

У найближчих планах – розробка електронних блоків мобільної сонячної електростанції (МСЕ), призначених для узгодження енергогенеруючої частини МСЕ з енергонакопичувальними пристроями. Забезпечення військ такими електростанціями підвищує енерго-незалежність наших підрозділів, особливо це важливо під час проведення розвідки та інших спецопераціяє. Науковці Збройних сил України ведуть розробки у даному напрямі і вдосконалюють їх за різними напрямками, наприклад: зменшення часу зарядки обладнання, збільшення КПД, т.д.

Відомо що сонячні панелі не можуть виробляти електроенергію вночі. Китайські вчені, проводили велику кількість експериментальних розробок і виявили що, якщо додати в склад панелі люмінофор то можна отримувати невелику частину енергії вночі. Працює це за наступним чином, вдень коли випромінення сонця максимальне, люмінофор вбирає в себе частину сонячного світла і акумулює її. В нічний період люмінофор починає віддавати світлове випромінення, і панель її поглинає тим самим генерує електро енергію. [6,9,11].

Висновок для першого розділу

Виходячи з аналізу світового та вітчизняного досвіду використання фотоелектричних перетворювачів, можна стверджувати, що сьогодні постає нагальна потреба в забезпеченні підрозділів Збройних Сил України аналогічними МЕС. Також слід відмітити переваги використання фотоелектричних перетворювачів у системах електроживлення для військових застосувань: автономність; економія органічних видів палива; загальнодоступність і невичерпність джерела; довговічність.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЗСУ

2.1. Альтернативні джерела енергії на основі фотоелектричних перетворювачів

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 роботі приладів).

Основою інформаційно-системним з'єднанням (обміном відповідною інформацією) повинні бути технічні засоби, як – від рядового військово-службовця до вищого офіцерського складу.

Військовослужбовці різних рангів повинен мати радіостанцію, GPS приймач та комунікатор, які в комплексі забезпечують обмін інформацією й віддачу наказів, як голосом, так і у цифро-кодовому форматі, відображення тактичної обстановки в межах своєї відповідальності (тобто рівня доступу) на нарукавному дисплеї, орієнтування на місцевості та інформування командира про своє місце знаходження [1,15].

Всі ці технічні засоби неодмінно потребують надійних джерел живлення. На сьогоднішній день, в польових умовах, найбільш доступним засобом отримання електроенергії є дизельні або бензинові генератори. Такий спосіб живлення технічних засобів та освітлення є дуже незручним та дорогим.

Для вирішення цієї проблеми в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України розробили виготовлення мобільних

електростанцій на основі кремнієвих сонячних елементів потужністю 10-40 Вт.

Цей пристрій був розроблений для використання в зоні проведення антитерористичної операції, геологічних експедиціях тощо, для живлення і заряджання апаратури та засобів зв'язку(радіостанцій, мобільних телефонів, тепловізорів, планшетів та ін.).

Дослідження та проведення експериментів дослідних зразків виконувалися в Центрі випробувань фотоперетворювачів та батарей фотоелектричних Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова. Цей Центр на сьогодні є єдиною в Україні акредитованою вимірювальною лабораторією, атестованою органами Держспоживстандарту України [1,10].

2.2. Розміщенням підрозділів ЗСУ у польових умовах

Взагалі під розміщенням військ у польових умовах слід розуміти розміщення з'єднань (частин, підрозділів), установ, військовонавчальних закладів у відведених (не обладнаних) для них місцях (таборах) із створенням необхідних умов для їх повсякденної діяльності та підтримання постійної бойової готовності. Отже, якість та швидкість розквартирування військ в польових умовах позначається на бойовій готовності ЗС України.

Процес розміщення військових частин (підрозділів) в польових умовах слід зазначити, що він має певні особливості.

По-перше, обладнання табору має відбуватися таким чином, щоб гарантувати мінімально забезпечити всім необхідним для комфортного проживання військовослужбовців

По-друге, необхідно забезпечити захист особового складу, швидкий доступ до озброєння в раці тривоги та матеріально технічним забезпеченням.

По-третьє, забезпечити виконання заходів бойового, тилового та технічного забезпечення.

Район розміщення повинен забезпечувати потаємне розміщення та надійний захист підрозділів, раптовий їх збір та проведення маневру, а також дотримання умов життєдіяльності у санітарно-епідеміологічному відношенні [29].

Висновки для другого розділу

Відновлювальна енергетика має дуже великі переваги, для застосування в військовій сфері. ВДЕ зменшують витрати на пальне для генераторів, електромобілі дають нові можливості для розвідки і нові тактичні рішення, зменшують кількість транспортних поставок пального тим самим можна доставити медичних припасів, амуніції та іншого матеріального забезпечення.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СЕС ДЛЯ ПОТРЕБ ЗСУ

3.1. Необхідне зняття військово-службовця в польових умовах

Це обґрунтовується тим, що військово-службовець 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 навігаційному дисплеї, орієнтування на місцевості та інформування командира про своє місцезнаходження. Всі ці системи неодмінно потребують надійних джерел живлення, якими можуть бути акумулятори.

Потужність мобільної сонячної електростанції потрібно обирати таким чином, щоб забезпечити підзарядку, як мінімум до п'яти пристроїв одночасно:

- 1) рації;
- 2) мобільні планшети;
- 3) тепловізори чи прилади нічного бачення з активним живленням;
- 4) лазерний цілепоказник;
- 5) технічний ліхтар;
- 6) аварійне освітлення – при необхідності.

1. Рація Motorola Talkabout T82 Twin Pack (0,5W, UHF, 446 MHz, до 10 км, 16 каналів зв'язку.

Акумуляторна батарея Motorola для серій TALKABOUT T62, T82 – 1600mAh; тип акумулятора – Ni-Mh; напруга – 3,6В; 47 x 43 x 14 мм.

2. Мобільні планшети – мобільний комп'ютер належить до типу планшетних комп'ютерів із діагоналлю екрана від 7 до 12 дюймів, збудований на апаратній платформі, яка використовується для смартфонів.

Для управління інтернет-планшетом використовується сенсорний екран, взаємодія з яким здійснюється за допомогою пальців, без використання фізичної клавіатури і миші. Окремі різновиди інтернет-планшетів почали з'являтися ще на початку 2000-х років, але дана категорія комп'ютерів отримала широке поширення тільки в 2010 році, після презентації і випуску планшету Apple iPad.

Напруга живлення – 12В. Ємність акумуляторів різних планшетів становить від 2,8 до 7 А/год.

3. Тепловізори. У сучасному світі тепловізори набули великого поширення як у військових так і у суспільному використанні. В суспільному використанні тепловізори набули дуже великої популярності в утеплювальній сфері, завдяки йому з'явилась можливість побачити втрати тепла в житлових будинках. У військових набув великої популярності в самих різних напрямках, від прикордонних служб до розвідувальних операцій.

Також є під вид тепловізорів, це прибор нічного бачення (ПНБ). Великою перевагою, прибора нічного бачення є те що він компактний, забезпечує можливість бачити об'єкти в поганих погодних умовах (туман, дощ, снігопад та ін.). Також до плюсів можна віднести можливість кріплення на шолом (казка) це має переваги при проведенні спецоперацій. Даний прилад споживає дуже мало енергії тим самим час роботи в нього великий.

Також є різні види наголовних ПНБ у вигляді:

- окулярів нічного бачення;
- низькорівневої телевізійної системи;
- тепловізійного приладу;
- нашлемного комбінованого приладу. Окуляри нічного бачення як наголовного ПНБ.

Першим експериментальним зразком тепловізійного прицілу українського виробництва став відомий приціл канадської компанії GSCI, а саме TWS-3050, який коштує близько 12000 \$, а вартість його українського аналога – всього лише 4900 \$. Також до переваг можемо віднести, що даний

тепловізійний приціл має малі габарити в порівнянні з канадським і його легко встановити на автомат, була модифікована система кріплення до зброї при порівнянні з іншими аналогічними прицілами.

Джерелом живлення в основному становлять акумулятори АА або СІ АА. Які набираються в батарею в кількості 4 штук. Робоча напруга одного елемента становить 1,2 В – ємність від 2 до 4 А/Год

4. Лазерний ціле-вкзівник (ЛЦВ), лазерний ціле-показчик, також прилад лазерного наведення, ПЛН; розмовне лазерний приціл – ефективне прицільне пристосування з лазерною системою підсвітки об'єкту (рис. 3,1). Призначений для оснащення ним вогнепальної зброї з метою підсвічування ціль та указані на можливу наявність противника при проведенні спецоперацій в складних умовах ведення бою.

Живлення: 1 батарея типу Крона 9V.



Рис. 3.1. Лазерний показчик

5. *Тактичний ліхтар* – це малогабаритний освітлювальний пристрій із акумулятивним джерелом живлення, що використовується для темних або слабо освітлених приміщеннях можна використовувати як звичайний ліхтар, також є можливість кріплення на зброю, при проведенні спецоперацій може використовуватись як дезорієнтатор для ворога осліпити на деякий час.

Використання тактичних ліхтарів набуло великого поширення при виконанні своїх обов'язків у поліцейських у комплексі зі зброєю відповідає сучасним стандартам виконання обов'язків та завдань, особливо в вечірній час вночі, чи в міццях з поганим освітленням.



Рис. 3.2. Один з видів тактичного ліхтаря

Джерело живлення 4... 6 В. Ємність джерела живлення – 2... 5. А/год.

б. Аварійне освітлення та резервне живлення. У разі відсутності освітлення (за різних умов) об'єкту розміщення військово-службовців в польових умовах – на деякий час для живлення джерел освітлення та екстреної підзарядки акумуляторних батарей знаряддя військово-службовців бажано використовувати акумуляторну батарею.

Таким чином можна зробити висновок, що діапазон напруг живлення цих пристроїв становить від 3,6 до 12 В, а їх ємність до 7А/Год. Як вже зауважувалося, що одночасно потрібно підзаряджувати п'ять різних одиниць застосованих пристроїв [24,27,28,].

3.2. Визначення потужності мобільної сонячної електростанції

Потужність мобільної сонячної електростанції розраховується тільки за умов, щоб забезпечити підзарядку п'яти перелічених технічних засобів, і тільки у випадкових ситуаціях забезпечити аварійне освітлення.

Але аварійне освітлення доцільно здійснювати від акумуляторних батарей, які теж потрібно підзаряджати.

В таблиці 3.1. наведені данні напруги живлення та їх ємності застосованого обладнання у польових умовах.

Таблиці 3.1

Електричні характеристики джерел живлення

№п/п	Тип приладу	Напруга живлення, В	Ємність джерела живлення, А/год	Примітка
1	Рації	3,6,- 4,8	1,6 - 3	
2	Мобільні планшети	12	до 6,0	
3	Тепловізори	4,8	2,0 – 2,5	
4	Лазерний цілепоказчик	9	0,5	
5	Технічний ліхтар	4,0-6,0	до 4,0	
6	Аварійний акумулятор	12		
Сумарна ємність по максимуму ($\sum I_{зар.i}$)			16А/Год	Без резервного акумулятора

Але треба передбачити коефіцієнт запасу по потужності, та прийняти його 1,5. В цьому разі загальний зарядний стум буде становити, без резервного акумулятора:

$$I_{зар} = 1,5 \cdot 0,1 \cdot \sum I_{зар.i} = 2,4 \text{ А.}$$

Час зарядки, бажано брати 10 год, але в екстремальних випадках на 30% більше:

$$I_{зар. e} = 2,4 \cdot 1,3 = 3,1 \text{ А.}$$

За цього показника ємність акумулятора (ϵ_a) повинна становити:

$$\epsilon_a = I_{зар. e} \cdot 7 = 3,1 \cdot 7 = 21,7 \text{ А/год.}$$

Для цих цілей обираємо гелевий акумулятор ємністю 40 А/год ($\epsilon_{a,d}$) з врахуванням аварійного освітлення.

З врахуванням того, коли зарядка акумуляторів буде здійснюватися від МСЕ то її потужність повинна становити:

$$P_{сб} = 0,1 \cdot (\epsilon_{a,d}) \cdot U_{ж} / \eta = 0,1 \cdot 4 \cdot 12 \cdot /0,81 = 60 \text{ Вт.}$$

3.3. Рекомендації підзарядки акумуляторів

Відразу потрібно попередити – абсолютно універсальних зарядних пристроїв не існує і, швидше за все, не буде існувати ніколи. З певною натяжкою деякі типи можна віднести до універсальних, але це тільки в тому випадку, якщо не звертати увагу на деякі відхилення від рекомендованих параметрів.

Далі буде розглянута справедливність цього твердження.

В першу чергу, потрібно знати, що різні типи акумуляторів мають різну напругу і ємність, а якщо врахувати, що зазвичай акумулятори збираються в батареї, то ця різниця між цими параметрами зростає багаторазово.

Удосконалення технології виготовлення акумуляторів привело, з одного боку, до збільшення питомої ємності, а з іншого, підвищило вимоги до параметрів обладнання для їх підзарядки.

Спростити процес заряду може застосування автоматичних зарядних пристроїв. Найпростіші зарядні автомати контролюють напруга на клеммах акумуляторної батареї і припиняють процес заряду при досягненні певної величини.

Недоліком подібних пристроїв є те, що акумулятор не набирає повної ємності або, навпаки, відбувається його перезаряд. І той і інший варіант призводять до скорочення терміну служби акумуляторної батареї.

Більш досконалі розробки передбачають, при досягненні порогової напруги переводять заряд акумулятора в буферний режим, коли вихідний струм лише трохи перевищує струм саморозряду батареї. Такі зарядні пристрої можна надовго залишати без нагляду без ризику пошкодити заряджається акумулятор.

Певний тип пристроїв дозволяє не тільки заряджати батареї, але і, певним чином, виробляти відновлення втраченої ємності. При цьому процес заряду чергується з проміжками нульового зарядного струму або з невеликим розрядом.

Зарядні пристрої для малогабаритних акумуляторів і батарей сьогодні також в переважній випадку працюють в автоматичному режимі. Таке стало можливим, завдяки вбудованому мікроконтроллеру, які не тільки автоматизує процес зарядки, а й виробляє її по спеціально закладеному алгоритму. Такі вироби зазвичай випускають виробники акумуляторів, тому вони оптимальні для певного типу батарей.

Для цього потрібно споживану потужність поділити на напругу, а потім помножити на бажано-неохідний час резервування з додатковим коефіцієнтом акумулятора.

Для альтернативних джерел енергії бажано використовувати гелеві акумулятори.

Головні переваги:

- тривалий термін служби;
- велика кількість циклів заряду і розряду (до 400);
- тривале зберігання без істотної втрати ємності;
- ефективність;
- безпеку;
- міцність корпусу.

Але такі акумулятори вкрай вразливі до невірних значеннями сили струму і напруги, тому при зарядці слід звертати на це увагу. А саме те, що звичайний зарядний пристрій для класичних АКБ тут не підійде.

Правильна зарядка Gel-акумулятор має на увазі використання сили струму, яка дорівнює 10% від загальної ємності АК.

Наприклад, при ємності 50 А/Год допустима сила струму зарядки – 5 Ампер. У крайніх випадках, коли необхідна швидкий заряд, допускається не

більше 30%. Для розуміння, на кожній батареї є рекомендації заводу виробника, як необхідно заряджати АКБ.

У нашому випадку сила зарядного струму буде становити 4 А [31].

3.4. Вибір та обґрунтування сонячних панелей

Для вибору сонячних панелей будемо відштовхуватись від: необхідної потужності, яку вона здатна забезпечити; умовами експлуатації; коефіцієнтом корисної дії тощо.

За необхідну потужність (P_H) будемо вважати:

$$P_H = U_{\text{жив.}} \cdot I_{\text{макс.н.}} \cdot K_3,$$

де $U_{\text{жив.}}$ – напруга на виході сонячної батареї;

$I_{\text{макс.н}}$ – максимальний струм навантаження на сонячний модуль);

K_3 – коефіцієнт запасу, для нашого випадку не менш двократного.

$$P_H = 12 \cdot 4 \cdot 2 = 96 \text{ Вт.}$$

Для цих цілей підходять два модулі по 50 Вт, або три модулі по 30 Вт, які з'єднанні паралельно.

При паралельному з'єднанні сонячних панелей вони з'єднуються за допомогою спеціальних Y- конекторів. При такому з'єднанні напруга на виході кожної панелі буде рівні між собою і дорівнюють напрузі на виході з системи панелей. Струм від всіх панелей буде складатися. Таке з'єднання дозволяє, не піднімаючи напруги збільшити струм від панелей.

Паралельне з'єднання, у деяких випадках, має перевагу з послідовним тобто при невеликих потужностях, як у нашому випадку.

Сонячні панелі поділяються на наступні різновиди:

Монокристалічні.

Полікристалічні.

Монокристалічні сонячні панелі мають значні переваги над полікристалічними, а саме:

Відносно високий КПД. Він досягає 18-23%. Саме за цю перевагу монокристалічні сонячні панелі найбільш ходові серед користувачів.

Сонячні панелі від відомих компаній які завоювали популярність на ринку монокристалічні можуть забезпечити більш високу продуктивність в умовах поганої освітленості (в ранкові та вечірні години)

Корисна площа для монтажу та використання монокристалічної батареї більша ніж у полікристалічної. При цьому, продуктивність і КПД її роботи вище, в порівнянні з полікристалічної панелі.

У оформленні – дати перевагу у туринському виконанні.

Для цих цілей обираємо монокристалічну сонячну панель PLM-050M-36, Perlight Solar (рис. 3.3). Технічні характеристики наведені в табл. 3.2.

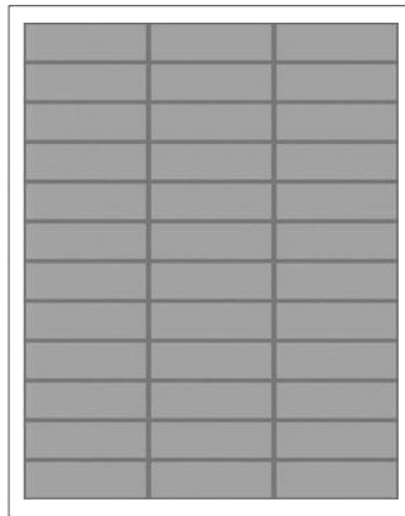


Рис 3.3. Сонячна панель PLM-050M-36, Perlight Solar

Таблиця 3.2

Потужність, Вт	Робочий струм, А	Матеріал рамки	Розміри, мм	Вага, кг	
50	2,8/3,1	Алюміній	698x518x25	4,5	

Можлива заміна дві сонячної панелі PLM-050M-36, Perlight Solar на 3-4 панелі Perlight PLM-030P/12 (30 Вт) – це дасть можливість зменшити габаритні розміри з 698x518x25 до 662x350x25 мм., або сонячна батарея

Ахіома Energy 30 ВТ / 12 В (полікристалічна) габаритні розміри 475 x 513 x 25 мм [15].

3.5. Розробка схем електричної структурної та функціональної мобільної СЕС

У нашому випадку можна пропонувати два варіанти підзарядки акумуляторів у польових умовах:

Перший дуже простий, але незручний в тому, що потрібно контролювати час зарядки, а також його незначний коефіцієнт корисної дії

В якості такого стабілізатора можна використати інтегральний стабілізатор напруги LM317T, який включений за схемою стабілізатора струму (рис. 3.3). Інтегральна мікросхема lm317 – це регульований стабілізатор, спеціально розроблений для реалізації схем джерел живлення зі стабільним вихідним напругою або струмом. Мікросхема дозволяє живити пристрої струмом до 1,5 ампер в діапазоні напруг від 1,2 до 37 вольт. Має вбудований захист від перевантаження і короткого замикання.

Найпростіша схема стабілізатора струму (драйвера) складається всього з двох компонентів: ІМ lm317t і резисторів. На вхід ІМ подається напруга джерела живлення, вихід стабілізатора на керуючий контакт з'єднується з вихідним через резистор (R), а вихідний контакт мікросхеми підключається до «+» акумулятора.

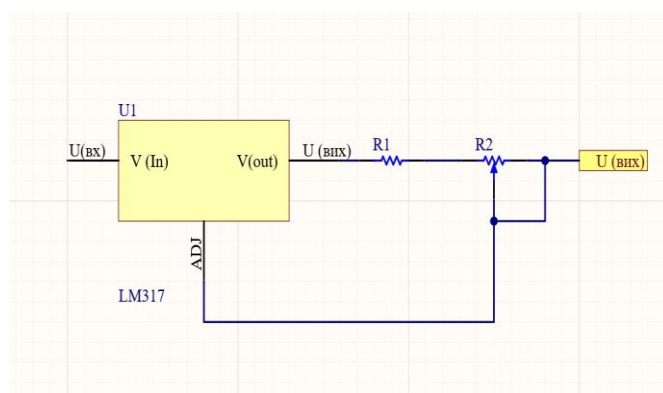


Рис. 3.3 Стабілізатор струму ELM317

Опір резистора розраховують за формулою:

$$R_2 = 1,25 / I_0, \quad (4)$$

де I_0 – вихідний струм стабілізатора, значення якого регламентується паспортними даними на LM317 і має бути в діапазоні 0,01-1,5 А. В якості приклада візьмемо підзарядку акумулятора для технічного ліхтаря (табл. 3.1).

Напруга його живлення ($U_{\text{ж}}$) становить 4-6 В, а ємність його акумулятора 4А/год.

Напруга на вході стабілізатор струму повинна бути:

$$\begin{aligned} U_{\text{Вх}} &= U_{\text{ж}} + U_{\text{ке}}, \\ U_{\text{Вх}} &= 4 + 3 = 7 \text{ В.} \end{aligned} \quad (4)$$

де $U_{\text{ке}}$ – падіння напруги на колектор-емітер регулюючого транзистора мікросхеми, повинна бути не нижча за 3-4 В.

Є сенс розрахувати коефіцієнт корисної дії, який буде становити:

$$\eta = \frac{U_{\text{ж}}}{U_{\text{Вх}}} = \frac{4}{7} \cdot 100\% = 57\%.$$

Це значні втрати, тому слід перейти на імпульсні зарядні пристрої. Тому в якості зарядних пристроїв використовувати ті які, що входять до комплекту застосованого обладнання, а якості резервного (допоміжного, а в деяких випадках аварійного) потрібно вибрати акумулятор з бажаним часом резервування.

Тому накрушується питання, як вийти з цього положення, варіант може бути одним живити ці пристрої змінною напругою (220В, яку можна отримати за допомогою інверторного пристрою. В якості такого інвертора можна використати ТВЕ 100 Вт с 12В на 220 В. Використовується для перетворення 12В постійного струму в 220В змінного струму. Зазвичай це

використовується в машині, так що це може бути пов'язано з ноутбуком, зарядним пристроєм, планшетом тощо.

Максимальна потужність 100 Вт

~ Напруга виходу: 220 В змінного струму.

~ Output ~ порт USB: 5 В постійного струму.

~ Вихідна частота: 50 Гц +/- 2 Гц.

~ Діапазон вхідної напруги: 10-15 В (макс.)

~ Сигналізація – низький заряд акумулятора: 11,0 В 10,4

~ Низький рівень вимкнення батареї: 10,3V 9,7.

~ Вища точка зупинки зарядки акумулятора: 15,5 В 14,5

~ Ефективність > 85%

~ Світлодіодний індикатор ВМК.

~ Розміри 8 x 6x 4 см.

На рис 3.4. зображено схему структурну електричну МСЕ

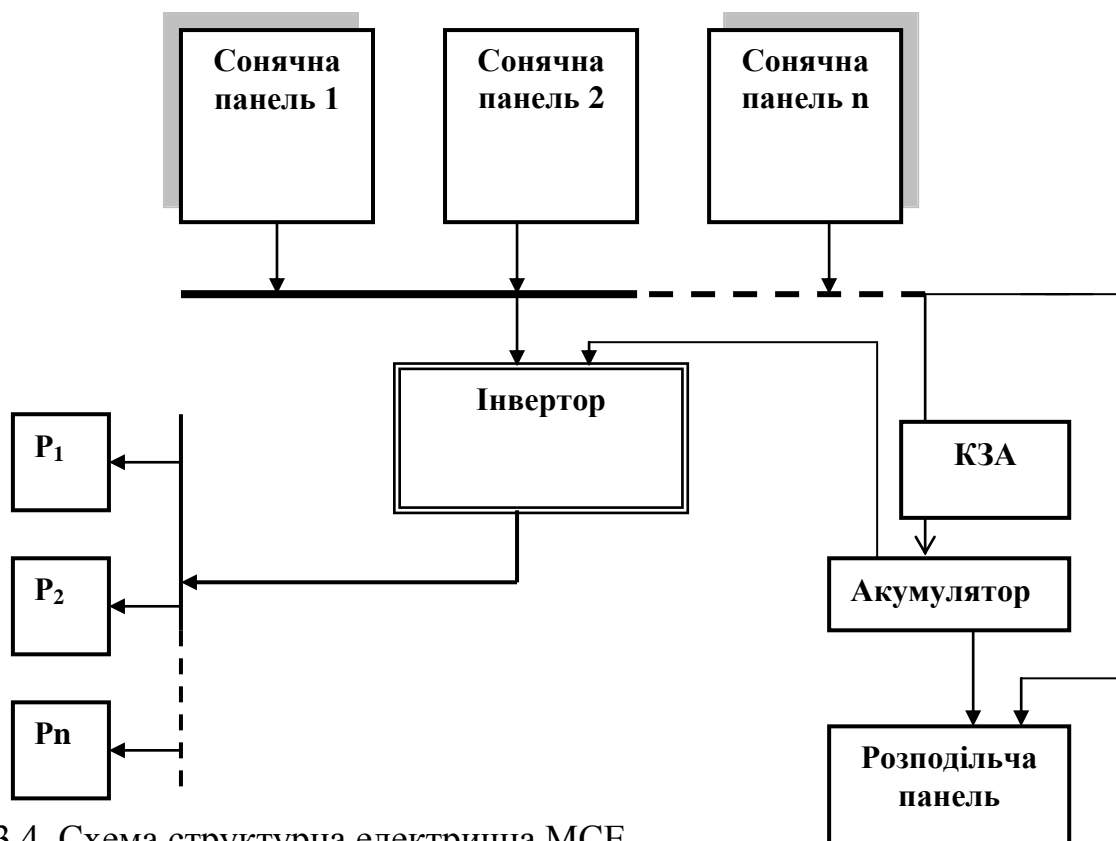


Рис. 3.4. Схема структурна електрична МСЕ

$P1 \dots Pn$ – мережеві з'єднувачі; КЗА – контролер підзарядки акумуляторної батареї

Бажано проводити періодично повну зарядку акумуляторної батареї у термін часу 10 год.

Переходимо до розробки схеми електричної функціональної тому що схема електрична принципова практично буде її повторювати.

На рис 3.5. зображено схему функціональну електричну МСЕ

$VH1 - VHn$

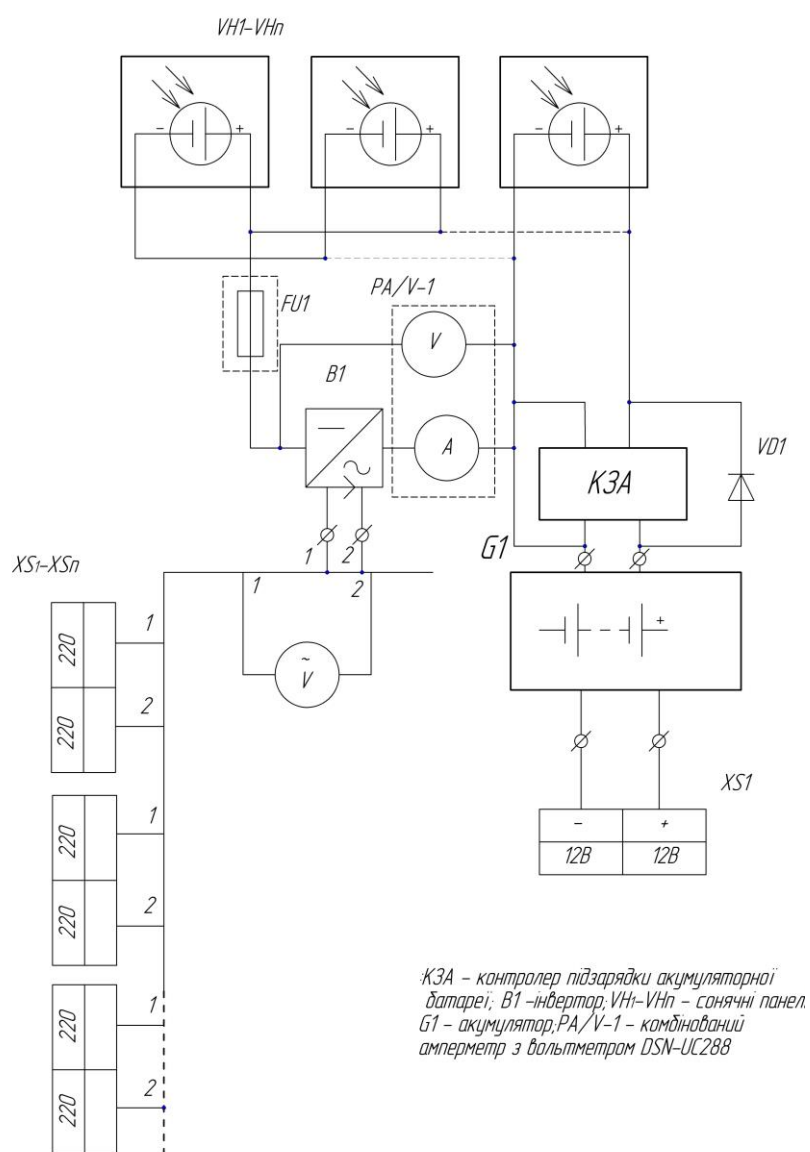


Рис. 3.5. Схема функціональна електрична МСЕ:

КЗА – контролер підзарядки акумуляторної батареї; B1 – інвертор;

VH1 – VHn – сонячні панелі; G1– акумулятор.

Висновки до третього розділу

В якості зарядних пристроїв (як вже зауважувалось) використовувати ті які, входять до комплекту застосовуваних пристроїв, а якості резервного (допоміжного, а в деяких випадках аварійного) потрібно вибрати селевий акумулятор ємність 50А/год., що забезпечить акумулятор бажаний час резервування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Був проведений аналіз сучасних переносних електрогенераторів, і в результаті аналізу було спроектовано на основі сонячних елементів конструкцію та виготовлено мобільні сонячні електростанції для автономного живлення портативних електронних пристроїв (радіостанцій, приладів нічного бачення, мобільних телефонів тощо) навіть при поганих погодних умовах та умовах поганої освітленості

Модуль спроектований з додатковими резервними акумуляторами, що дають змогу зарядити пристрої, чи увімкнути аварійне освітлення навіть уночі.

Сонячні панелі захищені гартованим склом або оргсклом, що додає міцності світлочутливим елементам. Це дає можливість використання електростанції в більш тяжких умовах.

Після передачі військовим схожих мобільних сонячних електростанцій, почали надходити позитивні відгуки майже відразу розповідали, що ці сонячні електростанції виявилися дуже корисними для живлення спецапаратури в польових умовах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативна енергетика з використанням сонячних елементів : навч. вид. / В. Ю. Єрохов; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Сполом, 2015. - 116 с. - Бібліогр.: с. 113-116.

Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії; підруч. / О. Адаменко [та ін.] ; ред. В. Лютко. - Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. - 270 с.

Бондарчук, А. Как стать производителем «зеленой» электроэнергии / А. Бондарчук // Фермерське господарство. - 2010. - берез., № 9. - С. 29.

2. 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.

3. Волков В.Г. Современное состояние развития приборов ночного видения. – М.: Обзор № 5576, 1994. – ч. 1,2, – 202 с.

4. 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.

5. Абрашин В. О. Можливості застосування альтернативних джерел електричної енергії у Збройних Силах України / В.О. Абрашин, С.М. Новічонок // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3(23). – С. 12-18.

6. Алфёров Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников, 2004, Т.38, вып.8, С. 937-948.

7. 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. - 2013. - № 3. - С. 28-31.

8. Електроніка і мікросхемотехніка: підр.: / А.П. Войцицький, М. А.

Войцицький. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. – 318 с.

9. Якість енергоресурсів і енергоносіїв: навч. посіб. / А. П. Войцицький та інш. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2017. – 215 с.

10. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 340 с.

11. Альтернативні джерела енергії : Підручник/ А.П. Войцицький, Т.П. Резніченко, М.А. Войцицький та ін. – Житомир. ЖНАЕУ, 2017. 280с.

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. American Council On Renewable Energy /Renewable Energy for Military Installations/Вашингтон, 2013. Электронный ресурс. – Режим доступа: [[http:// solargenerator. com.ua/solar/solar_battery/46- perenosnaya-solnechnaya-elektrostantsiya-renews-v-armiissha](http://solargenerator.com.ua/solar/solar_battery/46-perenosnaya-solnechnaya-elektrostantsiya-renews-v-armiissha)].

14. Вибір потужності сонячних батарей та кута нахилу панелей. СТЕМ – Інтелектуальні системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sutem.com.ua/932alten.php>

15. Сонячна енергетика – один з перспективних напрямів розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Урядовий портал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article>

16. Израильская армия планирует перейти на солнечную энергию [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.unian.net/ecology/alternativeenergy>.

17. В США заработала крупнейшая армейская солнечная электростанция: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://technews2.pp.ua/espc-powerplant/>

18. Энергетика ФРГ: солнечные батареи впервые сравнялись с АЭС: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dw.com/ru>

19. Стаття 1 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року.html].

20. Орел О.В. Варіанти побудови типових службових приміщень для забезпечення повсякденної діяльності військовослужбовців Національної гвардії України / О.В. Орел // Честь і закон. – 2016. – № 4 (59). – С. 90-97.

21. Мобільні сонячні електростанції для використання в польових умовах: Litovchenko V.G., Romanyuk B.M., Popov V.G., Melnik V.P., Oberemok O.S., Kladko V.P., Lisovskii I.P., Strelchuk V.V., Chernenko V.V., Shapovalov V.O. Complex investigations of crystalline material for solar energetics. Metallofizika i Noveishie Tekhnologii (Physics of Metals and Advanced Technologies). 2011. 104: 873. [in Ukrainian]. 66 ISSN 1027-3239. Вісн. НАН України, 2015, № 11.

22. СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ [Литовченко В.Г., Романюк Б.М., Попов В.Г., Мельник В.П., Оберемок О.С., Кладько В.П., Лісовський І.П., Стрельчук В.В., Черненко В.В., Шаповалов В.О. Комплексні дослідження кристалічного матеріалу для сонячної енергетики. Metallofizika i noveishie tekhnologii. 2011. Т. 33, № 7. С. 873-898].

23. Kostylyov V.P., Chernenko V.V., Andros S.P., Nazarenko L.A. Metrology and standartization of the phototechnical testing of solar energy converters and moduli. In: Modern Problems of Light and Electricity Engineering. Proc. IV Int. Conf. (13-14 April 2011, Kharkiv, Ukraine). [in Ukrainian]. [Костильов В.П., Черненко В.В., Андрос С.П., Назаренко Л.А. Метрологія і стандартизація фототехнічних випробувань фотоперетворювачів сонячної енергії та фотоелектричних модулів. У кн.: Сучасні проблеми світлотехніки

та електроенергетики: матер. IV Міжнар. наук.-техн. конф. (13—14 квітня 2011 р., Харків). С. 164- 165]

24. Дослідження можливості створення спеціального ліхтаря для оснащення підрозділів ОВС: Звіт про науково-дослідну роботу (шифр «Криптон»).

25. Теплове випромінювання біооб'єктів. Термографія. // Режим доступу: <http://www.kolesoto.narod.ru/med/biofizica/teplo/teplo.html>.

26. Слюсар В.И. Персональный хаб как элемент экипировки. // Озброєння та військова техніка. - №1 (17). – 2018. С. 79 - 84.

27. Слепов Н. Н., Дроздов Б. В.– імпульсна модуляція: Під ред. А. А. Булгакова. — М.: Енергія, 1978. – 192 с.

28. Зарядка аккумулятора схема і принцип дії. Зарядний пристрій. Види і робота. Застосування і як вибрати. Як працюють зарядні пристрої для аккумуляторів. Джерело: <https://newtravelers.ru/uk/tenda/zaryadka-akkumulyatora-shema-i-princip-deistviya-zaryadnoe.html>