

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**Русин Володимир Богданович**

УДК 621.32

**Підвищення енергоефективності системи електро- та  
водопостачання шляхом використання фотоелектричних модулів**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти  
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

## **Дипломною роботою магістра є рукопис**

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Лупенко Анатолій Миколайович**,  
професор кафедри електричної інженерії  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Рецензент** кандидат технічних наук,  
**Габрусєва Ірина Юрїївна**  
старший викладач кафедри вищої математики  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Захист відбудеться** "28" грудня 2018 р. о 17 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

*Секретар*  
*екзаменаційної комісії № 38*

Коцюрко Р.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність теми.**

Енергетика є однією з основ розвитку економіки сучасного суспільства. Кількість енергії, виробленої на душу населення, служить мірою індустріального розвитку, економічного зростання і технічного прогресу конкретної держави.

Енергетична проблема - одна з найважливіших світових проблем сучасності і зачіпає безпосередньо країни, що розвиваються. Недостатність виробництва електроенергії, її дорожнеча стримують не тільки створення промисловості і переробних галузей в сільському господарстві цих країн, а й розвиток в цілому.

Освоєння та використання нових видів енергії, зокрема сонячної, в даний час в усьому світі приділяється велика увага. В останні роки, інтерес до розвитку технологій, які дозволять використовувати нові джерела енергії, постійно зростає. Підвищення цін на нафту, починаючи з 1970-х років, проблеми екології, сприяють формуванню нового типу мислення щодо проблеми енергетики. З огляду на це, що запаси органічного палива є вичерпними, існує необхідність переходу до економіки, яка в основу своєї енергетики покладе використання нових нетрадиційних джерел енергії. До них відносяться: сонячна радіація, вітер, біомаса, геотермальна енергія, припливи і хвилі, енергія різниці температур, різниці концентрацій солей в водоймах і інші.

Велика кількість сонячної енергії в Україні і гострота проблеми енергопостачання, постійне підвищення тарифів на електроенергію роблять проблему створення ефективних і рентабельних сонячних енергоустановок для автономних споживачів більш актуальною, тим більше що в країні потрібно створювати передумови для децентралізації енергопостачання. Ці установки повинні бути надійними, автоматизованими, простими в експлуатації, мати великий термін служби і одночасно вирішувати проблему водопостачання.

Таким чином, **актуальність теми роботи** визначається розвитком енергетики України у світі в цілому і необхідністю розробки систем енергопостачання і водопостачання для віддалених від енергосистем споживачів малої потужності, що забезпечує високий соціальний ефект і мінімальний вплив на навколишнє середовище.

**Об'єкт дослідження:** процес перетворення, акумулювання та використання електроенергії, отриманої від фотоелектричної батареї та спожитої на потреби споживача в тому числі і на водопостачання.

**Предмет дослідження:** побутові сонячні електростанції та водонасосні системи.

**Мета роботи** полягає в дослідженні роботи сонячної автономної системи електроводопостачання (СЕВП), розрахованої на різний рівень енерго- і водоспоживання та розробці режимів експлуатації для досягнення найбільшої енергоефективності.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Удосконалено математичну модель системи фотоелектричний модуль – акумуляторна батарея, що дозволяє системі управління регулювати режим роботи, узгодження та відбір максимальної потужності від всієї системи в цілому.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

1. Результати виконаного дослідження призначені для використання при проектуванні систем автономного енергозабезпечення споживачів малої потужності.

2. Встановлено принципи системи управління СБ, що створюють умови для ефективного (максимального) вироблення електроенергії.

**Апробація результатів роботи.** Окремі результати роботи доповідались на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 28-29 листопада 2018 року. ТНТУ.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 112 арк. формату А4, графічна частина – 22 аркуша презентації.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, апробацію та впровадження результатів роботи.

**Перший розділ «Літературний огляд»** носить оглядово-аналітичний характер і містить результати роботи по аналізу існуючої у світі інформації щодо тематики дипломної роботи. Розглянуто: особливості розвитку альтернативної енергетики в Україні, будову та принцип дії фотоелектричних батарей, структуру сонячної фотоелектричної системи та використання фотоелектричних батарей при електропостачанні замських об'єктів.

Після аналізу літератури встановлено, що одним з найперспективніших напрямків енергозабезпечення на сьогодні є сонячна енергетика за рахунок того, що сонячне випромінювання надходить в достатній кількості майже на усю поверхню Землі. Перевагою сонячної системи є відсутність рухомих частин, які шумлять і зношуються, не потрібно використовувати будь-які види палива.

У **другому розділі «Основна частина»** наведено основні результати дипломної роботи.

Оцінка приходу сонячного випромінювання, продемонструвала змінний характер сонячної радіації. У цих умовах сонячний модуль виробляє потужність, відмінну від номінальної і можуть виникати перепади потужності. Таким чином, основним завданням при проектуванні системи є оптимізація генерування енергії сонячним модулем при даному світловому потоці. Сонячна

батарея віддає свою енергію акумулятору і еквівалентному навантаженню, внаслідок чого складовою частиною цього завдання є діагностування стану акумулятора, як елемента системи управління сонячним модулем.

Сонячний модуль представлено у вигляді еквівалентної схеми (рис.1) і рівняння, що дозволяють розрахувати його вольт-амперну характеристику.

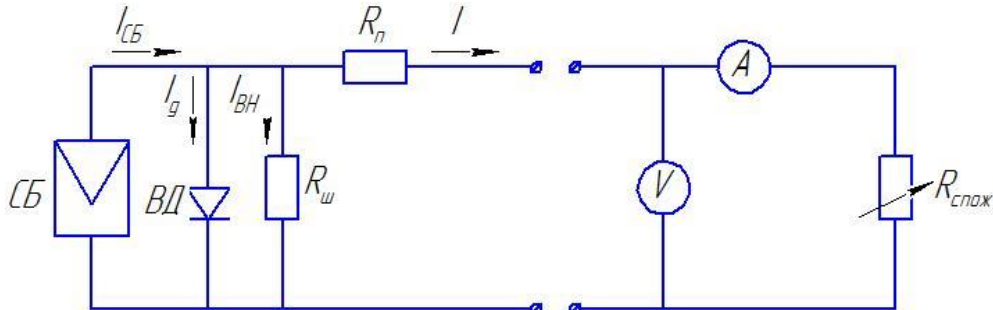


Рис. 1. Еквівалентна схема сонячного модуля

Отримано сімейство вольт-амперних та ват-амперних характеристик. Визначено максимуми цих кривих та побудовано залежність максимального струмового навантаження сонячного модуля від інтенсивності сонячного випромінювання (рис.2). Звідси запропоновано систему регулювання, що забезпечує віддачу максимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні.

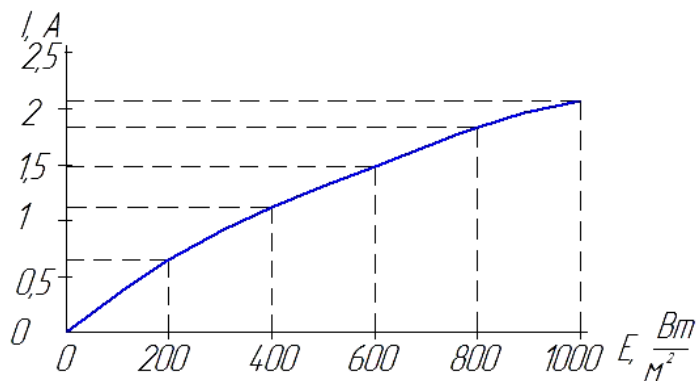


Рис. 2. Залежність оптимального струмового навантаження сонячного модуля від інтенсивності сонячного випромінювання

Існують різні способи акумулювання виробленої від сонця електроенергії. Нами узагальнено їх у **схемі (рис.3)**. Найбільш доцільним для автономних споживачів малої потужності є використання електрохімічних акумуляторних батарей.

Запропонована методика визначення необхідної ємності акумуляторної батареї. А також, базуючись на працях та ряді монографій, запропоновано математичну модель кислотного акумулятора, яка відобразить реальні фізичні процеси в системі «сонячна батарея - акумуляторна батарея - еквівалентне навантаження».

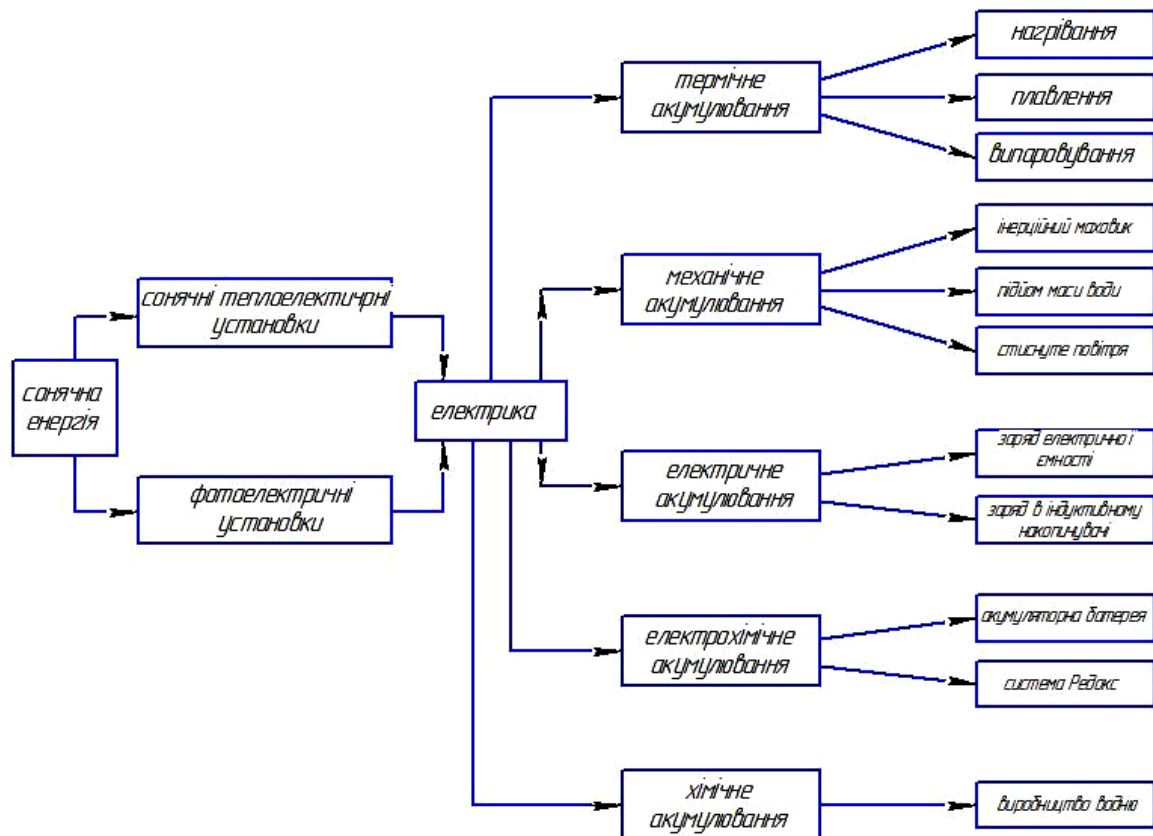


Рис. 3. Схема способів акумулювання

На підставі огляду технічних варіантів систем електропостачання, запропонованих провідними фірмами, були обрані чотири можливі варіанти системи електроводопостачання. Проведено їх розрахунок за запропонованими методиками та моделями. Встановлено, що застосовувати в системах побутового водопостачання двигунів постійного струму недоцільно через їх високу вартість та обмежений термін роботи, навіть, якщо їх під'єднувати напряму до сонячної батареї, уникаючи втрат на перетворення. При використанні гідроакумулювання ККД акумуляторної батареї зростає до значення  $\eta_{AB} = 0,95$ . Таким чином, можна використовувати стандартну акумуляторну батарею з ємністю 55 А·год, замість раніше використовуваної 100 А·год, з економією 40 % вартості акумуляторної батареї.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено опис програмного забезпечення, яке використано для проведення розрахунків та представлення їх результатів у графічному та табличному вигляді.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено розрахунок економічної ефективності енергозберігаючих заходів, запропонованих у роботі та сонячної PV/T панелі.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано особливості електротравматизму, електричний струм як чинник небезпеки, класифікація приміщень за небезпекою електротравм та небезпеки і загрози техногенного характеру та забезпечення техногенної безпеки на ОГ як складової частини ЦЗ.

У шостому розділі «Екологія» наведено актуальність охорони навколишнього середовища, аналіз впливу сонячної енергетики на довкілля та зменшення забруднення довкілля із використанням сонячних електростанцій.

## ВИСНОВКИ

1. Одним з найперспективніших напрямків енергозабезпечення на сьогодні є сонячна енергетика за рахунок того, що сонячне випромінювання надходить в достатній кількості майже на усю поверхню Землі. Перевагою сонячної системи є відсутність рухомих частин, які шумлять і зношуються, не потрібно використовувати будь-які види палива.

2. Встановлено, що із зростанням інтенсивності сонячних променів, ростуть струм  $I_{\text{н}}$  і потужність  $P_{\text{н}}$  при цьому напруга  $U_{\text{н}}$  змінюється у вузькому діапазоні зміни інтенсивності. Однак, цей закон зберігається лише для порівняно високих значень інтенсивності, при низьких ( $E < 100 \text{ Вт/м}^2$ ) напруга різко падає до нульового значення, а отже і інші параметри СБ. Тому, при прямому включенні СБ до споживача можуть виникнути перепади потужності.

3. Запропоновано принципи системи управління СБ, що створюють умови для ефективного (максимального) вироблення електроенергії.

4. Удосконалено математичну модель системи СБ-АБ, що дозволяє системі управління регулювати режим роботи, узгодження та відбір максимальної потужності від всієї системи в цілому.

5. Проведено розрахунок найбільш економічного варіанта системи електропостачання з урахуванням водопостачання. Аналіз 4 варіантів, виконаний для різних значень енергоспоживання, показав, що у системі з гідроакумулюванням згладжуються навантаження акумуляторної батареї, дозволяючи істотно зменшити її ємність і підвищити ККД батареї при віддачі запасеної енергії.

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи*

1. Русин В.Б. Система електропостачання та водопостачання шляхом використання фотоелектричних модулів/ Русин В.Б.//Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) в 3-х томах / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2018 – Т. 3. – С. 75.

## АНОТАЦІЯ

**Русин В.Б.** Підвищення енергоефективності системи електро- та водопостачання шляхом використання фотоелектричних модулів. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Представлені результати дослідження роботи сонячної автономної системи електро- та водопостачання. Запропоновано принципи роботи системи управління сонячною батареєю, що створюють умови для ефективного вироблення електроенергії для водопостачання. Удосконалено математичну модель системи сонячна батарея – акумуляторна батарея. Проведено розрахунок найбільш економічного варіанта системи електропостачання з урахуванням водопостачання

**Ключові слова:** сонце, фотоелектрична батарея, енергоефективність, водопостачання, енергопостачання.

## ANNOTATION

**Rusin V.B.** Energy efficiency increasing of the electricity and water supply system through photovoltaic modules. - **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics . – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

The results of the research of the solar autonomous system of electric and water supply are presented. The principles of operation of the solar battery control system are proposed, which create conditions for efficient electricity generation for water supply. The mathematical model of the solar battery system- a rechargeable battery is improved. The calculation of the most economical variant of the power supply system taking into account the water supply is carried out.

**Key words:** sun, photoelectric battery, energy efficiency, water supply, power supply.