Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПРОЕКТУВАННЯ АВТОНОМНОГО КОМПЛЕКСУ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ НА БАЗІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Виконав:
здобувач вищої освіти денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
_____Сергій ВОЄВІДКО

Керівник: канд. техн. наук, доцент
_____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 р.
Гарант освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» кандидат технічних наук, доцент

_____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ 8

1.1 Класифікація джерел енергії 8

1.2 Технології біоенергетики 8

1.3 Використання енергії вітру 10

1.3.1 Типи вітроенергетичних установок 12

1.3.2 Конструкція та принцип дії ротора Савоніуса 12

1.3.3 Будова та функціонування ротора Дар'є 13

1.4 Геотермальні ресурси та їх застосування 16

1.5 Сонячна енергетика як універсальне джерело 17

1.5.1 Автономна фотоелектрична станція (DC/AC) 19

1.5.2 Мережева сонячна електростанція 20

1.5.3 Гібридні сонячні комплекси 21

1.5.4 Функціонування станції в умовах «зеленого тарифу» 22

Висновки по розділу 1 23

РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ НА БАЗІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ 25

2.1 Вибір конфігурації сонячної електростанції 26
2.1.1 Ключові функціональні елементи сонячної установки 27
2.1.2 Етапи підключення до «зеленого тарифу» 34
2.1.3 Обчислення рівня енергоспоживання 35
2.2 Розрахунок потужності та добір компонентів системи 38
2.3 Структурна схема резервного енергозабезпечення 40
2.4 Функціональна схема роботи системи 41
Висновки по розділу 2 45
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОНТРОЛЕРА ЗАРЯДУ АКБ З АЛГОРИТМОМ MPPT 46
3.1 Вибір елементної бази для функціональних блоків 46
3.2 Алгоритм роботи MPPT та його особливості 50
3.3 Розробка принципової електричної схеми контролера 51
3.4 Принцип функціонування Buck-конвертера 54
3.5 Розрахунок параметрів для Buck-конвертера 57
3.6 Проектування друкованої плати контролера заряду з MPPT 58
Висновки по розділу 3 64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 66
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 68

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку енергетичного сектора України та світу характеризується стрімким вичерпанням традиційних викопних ресурсів (нафти, газу, вугілля) , загостренням екологічних проблем через масові викиди парникових газів, а також хронічною нестабільністю й уразливістю централізованих електричних мереж. В умовах частих аварійних та віялових вимкнень електроенергії критично важливим стає забезпечення енергетичної незалежності та безперебійного функціонування об'єктів побутового сектору.

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячної та вітрової , є єдиним реальним шляхом до побудови екологічно безпечних і стійких локальних енергосистем. Створення саме автономних комплексів безперебійного електроживлення для приватних житлових будинків дозволяє не лише гарантувати стабільне електропостачання відповідальних споживачів, а й знизити навантаження на магістральні мережі. Проте ефективність таких систем безпосередньо залежить від точності інженерних розрахунків, правильного вибору обладнання та алгоритмів керування зарядом/розрядом акумуляторних батарей (зокрема, використання MPPT-контролерів), що й зумовлює актуальність даного дослідження.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розробка та проєктування високоефективного автономного комплексу безперебійного електроживлення приватного житлового будинку з використанням відновлюваних джерел енергії для забезпечення його повної енергонезалежності та надійності електропостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати світовий та вітчизняний досвід використання відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової, геотермальної, біоенергетики) в автономних системах.

2. Провести розрахунок електричних навантажень типового житлового будинку та визначити необхідну встановлену потужність генерувального обладнання.

3. Розрахувати та спроєктувати параметри фотоелектричної станції загальною потужністю 3 кВт для забезпечення денного споживання.

4. Обґрунтувати та розрахувати ємність акумуляторного блоку (334 А·год) для стабільного безперебійного живлення будинку в нічний час та в періоди відсутності генерації.

5. Розробити та обґрунтувати схему контролера заряду акумуляторів із підтримкою алгоритму пошуку точки максимальної потужності (MPPT).

6. Реалізувати систему керування комплексом на базі мікроконтролера Atmega 328 (платформа Arduino), розробити алгоритм її роботи та програмне забезпечення.

Об’єкт досліджень – процеси генерування, накопичення, перетворення та розподілу електричної енергії в автономних локальних системах електропостачання житлових об'єктів на базі відновлюваних джерел.

Предмет досліджень – технічні засоби, схеми, розрахункові параметри та алгоритми керування (зокрема MPPT) автономного комплексу безперебійного живлення потужністю 3 кВт з акумуляторним резервом ємністю 334 А·год на базі мікроконтролера Atmega 328.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених завдань у роботі використано такі методи:

- аналітичний метод – при огляді сучасної класифікації, технологій та конструкцій відновлюваної енергетики;

- математичне та інженерне моделювання – для розрахунку добового споживання енергії, визначення оптимальної площі й потужності сонячних панелей та ємності АКБ;
- схемотехнічне проєктування – при розробці принципових електричних схем контролера заряду та інтеграції мікроконтролерного керування;
- методи алгоритмізації та програмування – для побудови логіки роботи MPPT-регулятора та написання коду керування для Arduino на базі мікроконтролера Atmega 328.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне теоретичне дослідження та виконано практичне інженерне проєктування автономного комплексу безперебійного електроживлення приватного житлового будинку на базі відновлюваних джерел енергії. За результатами виконання роботи сформульовано такі основні висновки:

1. Проаналізовано сучасний стан та перспективні напрями розвитку відновлюваної енергетики (сонячної, вітрової, біоенергетики та геотермальної) в Україні та світі. Встановлено, що в умовах нестабільності централізованого енергопостачання впровадження локальних автономних систем із сонячними панелями та акумуляційними блоками є найбільш технічно та екологічно доцільним рішенням для приватного сектору.

2. Проведено розрахунок електричних навантажень типового житлового будинку, визначено графік добового споживання та виділено групу відповідальних споживачів, що потребують гарантованого безперебійного живлення.

3. Спроєктовано фотоелектричну станцію загальною потужністю 3 кВт. Обґрунтовано вибір типу сонячних панелей, схему їх комутації та просторове розміщення, що дозволяє максимально ефективно утилізувати сонячну радіацію протягом світлового дня для покриття поточних потреб будинку та заряджання накопичувачів.

4. Розраховано параметри системи акумулювання енергії, ємність якої склала 334 А·год. Дана ємність акумуляторного блоку є оптимальною для забезпечення тривалої автономної роботи відповідальних споживачів у нічний час, а також під час тривалих аварійних вимкнень або періодів низької інсоляції.

5. Розроблено контролер заряду, що працює за алгоритмом пошуку точки максимальної потужності (MPPT). Обґрунтовано, що використання MPPT-регулятора, на відміну від класичних ШІМ(PWM)-контролерів, дозволяє підвищити ККД використання сонячних батарей на 20–30% шляхом динамічного узгодження внутрішнього опору джерела та навантаження.

6. Реалізовано систему керування комплексом на базі мікроконтролера Atmega 328 (платформа Arduino). Обрання даного мікроконтролера аргументовано його високою надійністю, швидкодією, низькою вартістю, гнучкістю налаштування периферійних пристроїв та наявністю розвиненої бази програмних бібліотек. Розроблено алгоритм роботи та відповідне програмне забезпечення для автоматичного контролю процесів заряду-розряду АКБ і перемикання режимів живлення.

Розроблений автономний комплекс демонструє високу інженерну ефективність і може бути рекомендований до практичного впровадження для підвищення енергетичної безпеки та автономності житлових об'єктів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудря С. О. Відновлювані джерела енергії : підручник. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 392 с.
2. Каплун В. В., Бубнов С. В. Комплексні автономні системи електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2018. № 2. С. 45–53. Типи сонячних панелей. URL: https://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostancii/tipi-sonyachnix-panelej/ // (дата звернення 03.04.26);
3. Лисяк Г. М., Макарчук С. С. Автономна сонячна електростанція для будинку ОСББ. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Електроенергетичні та електромеханічні системи. 2018. № 898. С. 117–122.
4. Шкрабець Ф. П., Остапчук О. В. Моделювання режимів роботи автономних систем електропостачання з фотоелектричними джерелами та накопичувачами енергії. Гірнича електромеханіка та автоматика. 2019. Вип. 101. С. 34–41.
5. Жаркін А. Ф., Палачов С. О., Попов В. А. Забезпечення якості та надійності електропостачання в локальних електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії. Київ : Інститут електродинаміки НАН України, 2021. 216 с.
6. Базило К. В., Кисельова О. Г. Проєктування контролерів заряду акумуляторних батарей сонячних станцій з алгоритмом MPPT. Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2020. № 3. С. 28–35.

7. Біопаливо, національний портал з енергозабезпечення. URL: https://patriot-nrg.com/uk/content/biopalyvo // (дата звернення 27.04.26);

8. Квасніков В. П., Савченко О. М. Застосування мікроконтролерів сімейства AVR у системах керування перетворювачами параметрів відновлюваної енергії. Системи обробки інформації. 2019. Вип. 4 (157). С. 62–69.

9. Які сонячні панелі кращі – монокристалічні чи полікристалічні? URL :https://solarsystem.com.ua/blog/yaki-sonyachni-paneli-krashhi-monokrystalichni- chy-polikrystalichni/ // (дата звернення 3.03.26);

10. Прокопенко Ю. В., Ткаченко О. О. Математична модель фотоелектричного модуля для дослідження алгоритмів пошуку точки максимальної потужності (MPPT). Технічна електродинаміка. 2021. № 2. С. 74–81.

11. Лук'яненко Л. М., Федоренко І. В. Режими роботи акумуляторних батарей в автономних фотоелектричних системах приватних домогосподарств. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2022. № 5 (163). С. 12–21.

12. Вітроенергетика держенергоефективності України. URL: https://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy // (дата звернення 29.03.206;

13. Вербова Т. А., Ковальов О. П. Системи безперебійного електроживлення індивідуальних житлових будинків з інтеграцією інверторних перетворювачів. Електротехніка та електроенергетика. 2020. № 1. С. 44–52.

14. Вибір акумуляторної батареї для сонячної електростанції URL: https://prel.prom.ua/a257262-vibir-akumulyatornoyi-batareyi.html // (дата звернення 05.04.26);

15. ДСТУ EN 62109-1:2017. Безпека силових електронних перетворювачів для застосування у фотоелектричних енергетичних системах.

Частина 1. Загальні вимоги (EN 62109-1:2010, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 84 с.

16. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV (із змінами та доповненнями станом на 2025–2026 рр.). Відомості Верховної Ради України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15 (дата звернення: 12.05.2026).

17. Сінчук О. С., Бойко С. М. Проєктування інтелектуальних систем локального електропостачання об'єктів побутового призначення. Харків : Фоліо, 2022. 185 с.

18. Rashid M. H. Power Electronics Handbook: Devices, Circuits and Applications. 4th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2018. 1196 p.

19. Вітрогенератори, вітрові електростанції та вітряки. URL: http://www.ecosvit.net/ua/vitrogeneratori // (дата звернення 24.03.26);

20. Subudhi B., Pradhan R. A Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems. IEEE Transactions on Sustainable Energy. 2013. Vol. 4, No. 1. P. 89–98.

21. Moncrief M., Evans D. Embedded Systems Architecture with ATmega328P. Journal of Hardware and Systems Design. 2020. Vol. 12, Iss. 3. P. 142–151.

22. Барановський Ц. О., Музика М. М. Навчальний посібник до курсового та дипломного проєктування з відновлюваних джерел електроенергії. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 144 с.

23. Mohan N., Undeland T. M., Robbins W. P. Power Electronics: Converters, Applications, and Design. 3rd ed. New Jersey : John Wiley & Sons, 2007. 824 p.