

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Навчально-науковий інститут заочної і дистанційної освіти
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ
ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Виконав:

здобувач вищої освіти заочної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Микола ПЕТРУНЯК**

Керівник: канд. техн. наук, доцент

_____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2024 р.

Гарант освітньої програми

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНО-ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	11
1.1. Ефективність використання сонячно-вітрової енергії.....	11
1.2. Розгляд та аналізів сонячно-вітрових енергоустановок	28
1.3. Перспективи розвитку сонячно-вітрових енергоустановок України та ЄС.....	32
Висновки до 1 розділу	38
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	40
2.1. Розрахунок автономно-мережевої гібридної установки для електропостачання малого підприємства.	40
2.2. Визначення сумарної спожитої енергії за тиждень	44
2.3. Вибір вітрової установки	46
2.4. Дослідження вітрового потенціалу	47
2.5. Розрахунок вітроколеса	52
2.6. Дослідження притоку енергії від сонячної радіації	55
2.7. Вибір сонячних модулів	58
Висновки до 2 розділу	68
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	69
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	74
4.1. Розрахунок капітальних затрат.....	74

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат	76
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	79
5.1 .Основні причини виникнення пожеж на виробництві.....	79
5.2. Допомога при ураженні електричним струмом.....	81
5.3. Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики	83
5.4. Запобігання виникненню та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах енергетики.....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ВСТУП

Екологічна та енергетична кризи зумовлюють актуальність пошуку нових способів генерування електричної енергії або ж удосконалення уже існуючих. Опанування нових видів дешевої та екологічно чистої енергії є першочерговим завданням для всього людства. Протягом останніх десятиліть найбільшим в галузі альтернативної енергетики є попит на електричні станції та установки, що генерують електричну енергію від енергії вітру та енергії сонячного випромінювання, оскільки такі установки використовують «дружелюбні» поновлювані джерела енергії (ПДЕ) і не спричиняють викидів CO₂ в атмосферу.

Крім великої енергетики, у якій застосовуються потужні вітрові парки та сонячні станції, останнім часом щораз більшої популярності набувають малопотужні вітроелектричні установки (ВЕУ) та фотоелектричні установки (ФЕУ), які можуть забезпечувати потреби окремих споживачів електричної енергії, сприяючи тим самим децентралізації її генерування. Особливо ефективною є спільна робота цих пристроїв, оскільки випадкові інтервали їх роботи часто доповнюють один одного, краще забезпечуючи енергетичні потреби споживачів. Тому актуальним на сьогоднішній день є використання окремими споживачами установок для отримання електроенергії (ЕЕ) саме від енергії вітру та енергії сонячного випромінювання, оскільки останні є загальнодоступними.

Актуальність теми. На теперішній час у світі відбуваються значні зміни у підходах до формування енергетичної політики держав: здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектору, в якому домінують великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного газу, електроенергії, вугілля – до нової моделі, в якій створюється більш конкурентне середовище, вирівнюються можливості для розвитку й мінімізуються домінування одного з видів виробництва енергії або джерел та шляхів постачання палива. Разом з цим віддається перевага підвищенню енергоефективності й використанню енергії з альтернативних та відновлювальних джерел. Зазвичай при цьому враховуються

та впроваджуються заходи із підвищення надійності функціонування енергосистем, а також, як результат, зменшення шкідливих викидів в атмосферу та адаптації до змін клімату.

Більша частина генеруючих активів та мереж енергопостачання зношена та неефективна. Переважна більшість блоків теплових електростанцій перевищили межу фізичного зношення й потребує ґрунтовної модернізації або заміни. Баланс потужності енергосистеми України характеризується дефіцитом регулюючих потужностей, що зумовлює нераціональне використання існуючих потужностей та високий рівень втрат. Неминуче скорочення споживання викопних ресурсів в якості органічного палива найближчим часом поставить першочерговим питанням використання інших джерел енергії, у тому числі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

Проте сучасний стан вітчизняної електроенергетики такий, що система централізованого електропостачання не в змозі забезпечити вимоги високотехнологічного обладнання щодо надійності електропостачання та якості електричної енергії. Перерви в електропостачанні складають близько 10% від загального часу технологічних процесів протягом року (проти 0,1% у розвинених країнах), а тривалість споживання неякісної електроенергії (особливо для сільських споживачів) складає близько 45% від загального часу роботи. Усі ці факти свідчать про те, що вітчизняна система електропостачання потребує докорінних змін.

На базі ВЕУ та ФЕУ в Україні, як правило, встановлюються малопотужні повністю автономні вітросонячні системи, розраховані на використання віддаленими від центральної мережі живлення (ЦМЖ) споживачами. В 2015 р. було прийнято відповідний закон, який дозволяє окремим споживачам віддавати надлишок електроенергії, генерованої від ПДЕ вітру та сонця установками з потужністю до 30 кВт, в ЦМЖ за «зеленим» тарифом та отримувати від цього прибуток, обумовили вибір теми магістерської роботи, її актуальність, мету, завдання та напрями дослідження.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської роботи є оцінка

енергоефективності застосування сонячно-вітрових енергоустановок для електропостачання підприємств.

Для досягнення зазначеної мети у роботі вирішувались такі завдання:

- Проаналізувати існуючі схеми для автономних систем забезпечення на базі вітро-сонячної генерації;
- Сформувати на основі статистичної інформації електронну базу метеорологічних даних та проаналізувати регіональний вітровий та сонячний ресурси;
- Обґрунтувати ефективну конструкцію малопотужної вітросонячної установки для електрозабезпечення в умовах низькопотенціальних ресурсів вітру і сонця;
- Запропонувати варіант оптимізованої структури автономної системи електропостачання, що підвищує енергетичну ефективність її функціонування і забезпечує надійне електропостачання підприємства.

Об'єктом дослідження є процеси перетворення енергії вітру та сонячного випромінювання в електричну енергію, гібридною системою в умовах Західної України.

Предметом дослідження є схеми гібридних установок для автономного електропостачання підприємства.

Методи дослідження. Теоретичним і методологічним підґрунтям магістерської роботи стали праці провідних вітчизняних та іноземних учених, методологія та загальносистемні принципи проведення комплексних наукових досліджень. Із спеціальних методів дослідження у роботі використані: абстрактно-логічний – при вивченні літературних джерел та дослідженні розвитку поставлених проблем; теоретичного узагальнення – у процесі розкриття сутності категорії „альтернативні джерела енергії”; спостереження, порівняльних переваг, економічного аналізу, економіко-статистичний – при оцінці сучасного стану розвитку та використання альтернативних джерел енергії.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті дослідження запропоновано нову структуру комбінованої системи електроживлення

окремого об'єкта з використанням електроенергії, що отримується від поновлюваних джерел енергії вітру і сонця та від централізованої електричної мережі, що забезпечує безперервне та економічно вигідне електричне живлення споживача. Застосовано системний підхід, комплексні дослідження функціонування і комбінованих автономних електрогенеруючих установок, що дозволило розкрити напрямки підвищення надійності електропостачання та можливості до ефективного використання енергоресурсів.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає у можливості широкого застосування отриманих результатів для комплексного розв'язання задач надійного та ефективного автономного електропостачання для різних груп споживачів. Запропонована нова енергоефективна для умов з низькопотенціальними ПДЕ конструкція вітросонячної установки, що складається з ВЕУ з вертикальною віссю обертання та ФЕП для забезпечення енергетичних потреб споживача. Результати дослідження рекомендовані до практичного застосування споживачам з централізованим електропостачанням яке не в змозі забезпечити вимоги високотехнологічного обладнання щодо надійності електропостачання та якості електричної енергії.

Публікації: Микола ПЕТРУНЯК / Синергічний ефект у гібридних системах альтернативних джерел енергії // IV Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2024 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2024.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено питання збільшення енергетичної ефективності гібридних автономно-мережевих систем електропостачання з використанням ВДЕ. У результаті проведених досліджень було отримано наступні результати і висновки:

1. Обрано необхідне та найбільш ефективне обладнання, що буде використовуватися в системі для електропостачання малого підприємства.
2. Сформовано метеорологічні дані, в які входить інформація про значення швидкості вітру і його напрямок, тривалість сонячного випромінювання протягом доби та температуру навколишнього середовища, яка може служити вихідною інформацією для подальших розрахунків.
3. Проаналізовано щомісячний сонячний та вітровий потенціал, який показав низький рівень ефективності, тому перевагу має комбіноване вироблення електроенергії від ВДЕ сонця і вітру. Через те запропоновано гібридну вітросонячну установку, яка має збільшені енергетичні параметри при низьких показниках сонця і вітру. Зокрема, енергетичний коефіцієнт потужності ВЕУ збільшується завдяки застосуванню концентраторів вітрового потоку.
4. Виконано розрахунки, які свідчать, що кількість електроенергії отриманої від сонячних модулів (загальна встановлена потужність сонячних панелей – 8,4 кВт) та вітрогенератора (номінальна потужність — 3кВт) цілком достатня для електропостачання малого підприємства, а надлишок можна продавати за зеленим тарифом так як в нас автономно-мережева система.

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач вищої освіти _____ Микола ПЕТРУНЯК

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Циганок О. В. Альтернативні джерела енергії як засіб ресурсоефективності / О. В. Циганок, А. В. Череп. // Випуск 22. – 2018. – С. 688–691.
2. Українська альтернативна енергетика: повільно, але стабільно [Електронний ресурс] // Baker Tilly Ukraine. – 5. – Режим доступу до ресурсу: <https://bakertilly.ua/news/id44270>.
3. Сонячні колектори [Електронний ресурс] // Центр альтернативних та відновлювальних джерел енергії. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://aesd.org.ua/?page_id=177.
4. Хрипко С. Л. Сонячні батареї створенні на основі низько-розмірних нанокompatитних структур / С. Л. Хрипко, В. В. Кідалов. // Журнал нано-та електронної фізики. – 2016. – С. Том 8 № 4(2), 04071(10сс).
5. Фотоелектричні панелі та їх типи [Електронний ресурс] // Теплоціль. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://xn-e1amaldq6a1c6e.xn-j1amh/fotoelektricheskiye-paneli-i-ikh-tipy>.
6. Які сонячні панелі кращі - монокристалічні чи полікристалічні? [Електронний ресурс] // Гексагон-енергія альтернатива енергії природи. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/me7rDpl>.
7. Типи сонячних батарей [Електронний ресурс] // ПКП "Техноноватор"– Режим доступу до ресурсу: <http://tehnovator.com.ua/ua/energy-ua/sun-battery-ua/types-sun-battery-ua.html>.
8. Чукрина В. Полікристалічні сонячні батареї [Електронний ресурс] / В. Чукрина // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://alternative-energy.com.ua/vocabulary/полікристалічні-сонячні-батареї/>.
9. Герасимюк О. Типи сонячних батарей та їх ККД [Електронний ресурс]
10. / О. Герасимюк // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/te7r02e>.

11. Типи вітрогенераторів [Електронний ресурс] // atmosfera.ua – Режим доступу до ресурсу: <https://www.atmosfera.ua/uk/vitryani-elektrostantsii/tipi-vitrogeneratoriv/>.
12. Камінський Ю. Вітрогенератори для дому: види, приблизні ціни, виготовлення своїми руками [Електронний ресурс] / Ю. Камінський // isu.org.ua. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/4e7twAi>.
13. Куц Т. Горизонтальний або вертикальний вітрогенератор? За і проти [Електронний ресурс] / Т. Куц // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/Ge7tnGf>.
14. Миронюк Д. Вітер та сонце – разом ефективніше [Електронний ресурс] / Д. Миронюк // solarlove.org. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://ecotown.com.ua/news/Viter-ta-sontse-razom-efektyvnishe/>.
15. Синєглазов В. М. Перспективи розвитку гібридних енергетичних систем [Електронний ресурс] / В. М. Синєглазов // enerhodzherela.com.ua – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/ne7tUzD>.
16. Гібрид вітрогенератора і сонячних панелей [Електронний ресурс] // ВІР. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://vir.uan.ua/hybrid-wind-turbine-and-solar-panels/>.
17. Герасимюк О. SolarMill – гібридна установка, яка генерує енергію з вітру та сонячної енергії [Електронний ресурс] / О. Г // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/Ve7tXyT>
18. Global Wind & Solar Installations // Forecast International Energy Portal [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fipowerweb.com/Renewable-Energy.html>.
19. Боровик Ю. Т. Проблеми та перспективи розвитку альтернативної енергетики в Україні / Ю. Т. Боровик, Ю. В. Єлагін. // Вісник економіки транспорту і промисловості № 65. – 2019. – С. 68–75.
20. Касич А. О. Чинники розвитку альтернативної енергетики у сучасних умовах / А. О. Касич, Я. О. Литвиненко. // Випуск 12. – 2017. – С. 93–99.

21. Денисюк В. Ю. Автономні гібридні системи енергопостачання з використанням відновлювальних джерел енергії / В. Ю. Денисюк, В. С. Оленіч. // Перспективні технології та прилади. – С. 29–33.
22. Щур І. З. Техніко-економічне обґрунтування параметрів гібридної вітро-сонячної системи для електропостачання окремого об'єкта / І. З. Щур, В. І. Климко. // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2014. – С. 92–100.
23. Український гідрометеорологічний центр [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: . <https://cutt.ly/xe7yOtD>.
24. Patel K. A review about the straight-bladed vertical axis wind turbine (SB- vawt) and its performance [Текст] / K. Patel, Y. Sarthi, A. Tirkey, P. K. Sen // International Journal for Innovative Research in Science and Technology. – 2014. – Vol. 1, No. 6. – P. 46-51.
25. Климко В. І. Інтелектуальна система керування електропостачанням окремого об'єкта від мережі та поновлюваних джерел енергії [Текст] / В. І. Климко, І. З. Щур // Проблеми розвитку систем енергетики і автоматики в АПК. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених (25-26 жовтня, 2012 р., м. Київ). – 2012. – С. 25-26.
26. Система електрозабезпечення експериментального будинку типу 0-енергії (площею 300 м²) на основі використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії. // ISSN 1815-2066. Nauka innov. – 2015. – С. 29–39.
27. Катаєва Є. Ю. Система розрахунку енергоефективності підприємства на базі методу проектування гібридних установок / Є. Ю. Катаєва, В. Ю. Теличко. // Вісник КНУТД. – 2013. – С. 48–49.
28. Основні причини пожеж [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/31855/>.
29. Характерні причини виникнення пожеж [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studopedia.com.ua/1_33436_harakterni-prichini-viniknennya-pozhezh.html.

35. Правила надання першої допомоги при ураженні електричним струмом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://lviv.dsp.gov.ua/?p=10723>.

36. Долікарська допомога при ураженні електричним струмом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk_bezpeka_zhittyediyalnosti/76.htm.

37. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.

38. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>. – Назва з екрана