

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

Боднар Володимир Михайлович

УДК 621.32

**Енергоефективність комбінованого акумулювання
електроенергії у системі електропостачання автономної
вітроенергетичної установки**

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 кандидат технічних наук, доцент
Коваль Вадим Петрович,
доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук, доцент
Шелестовський Борис Григорович
зав.кафедрою вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "24" 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 дослідження. Особливістю автономних систем електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії, зокрема енергії вітру, є нерегулярність і некерованість надходження електроенергії від генеруючих систем, а також нерегулярність споживання виробленої електроенергії споживачем. У зв'язку з цим, для створення високого ступеня надійності електропостачання, виникає необхідність застосування акумулюючих пристроїв в даних системах.

Сучасні електрохімічні акумулятори для автономних систем електропостачання на базі вітроенергетичних установок мають ряд недоліків (висока вартість, обмеженість циклів заряду-розряду, необхідність власної системи управління), які для умов сільського господарства найчастіше стають критичними. У той же час, існують інші типи акумуляторів енергії, застосування яких дозволило б знизити частку електрохімічних акумуляторів без зниження надійності електропостачання, зокрема застосування свертловинних акумуляторів енергії. Однак, відсутність методик обґрунтування параметрів автономних вітроелектростанцій з електрохімічними і свертловинним акумуляторами енергії, є стримуючим фактором при створенні таких систем. Тому дослідження в даній області є актуальними і представляють науковий і практичний інтерес.

Аналіз існуючих систем автономного електропостачання на поновлюваних джерелах енергії показує, що електрохімічні акумулятори є дуже важливою частиною таких систем, при цьому існує ряд проблем, пов'язаних з їх недоліками. Одним із шляхів вирішення цих проблем є пошук і застосування альтернативних акумулюючих пристроїв.

Мета роботи: розробка та обґрунтування параметрів автономної вітроелектростанції з комбінованим акумулюванням енергії для сільськогосподарських об'єктів, яке підвищує її енергоефективність.

Об'єкт дослідження: процес роботи автономної вітроелектростанції з акумуляторним резервом, що складається з електрохімічних акумуляторів і свертловинного акумулятора енергії.

Предмет дослідження: залежність параметрів автономної вітроелектростанції з комбінованим акумулюванням енергії від робочої швидкості вітру і потреби в електроенергії.

Методи досліджень: методи теорії ймовірностей і математичної статистики, системного аналізу, активного експерименту. Обчислення проводилися із застосуванням табличного процесора Microsoft Excel і програмного пакету Statistica.

Наукова новизна отриманих результатів:

- обґрунтовані методики визначення енергетичних і акумуляторних періодів вітру;
- виявлені закономірності і статистичні параметри розподілу акумуляторних і енергетичних періодів вітру;

- обґрунтовані методики підвищення енергетичної ефективності автономної вітроелектростанції з комбінованим акумуляторним резервом.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблена структура автономної вітроелектростанції з акумуляторним резервом, що дозволяє зменшити ємність електрохімічних акумуляторів;

- розраховані параметри енергетичних і акумуляторних періодів вітру для Тернопільської області.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. ТНТУ, 2018 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, загальних висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 118 арк. формату А4, графічна частина – 23 аркуші 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: системи автономного електропостачання для сільськогосподарських об'єктів, аналіз традиційних систем автономного електропостачання, аналіз систем автономного електропостачання, що використовують поновлювані джерела енергії, стан питання в області вдосконалення акумуляючих пристроїв.

На підставі проведеного аналізу можна сформулювати основний недолік в автономному електропостачанні з використанням вітроелектростанцій – необхідна значна ємність дорогих електрохімічних акумуляторів, у яких обмежена кількість циклів заряду/розряду.

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

У результаті аналізу всіх типів акумуляторних систем нами виявлено їх переваги та недоліки. На даний час найбільш ефективними є електрохімічне акумуляювання (малі електростанції) та гідроакумуляювання (великі ГАЕС). Перевагою останніх є великий ресурс та низькі витрати на зберігання енергії.

У даній роботі здійснена спроба визначення ефективності та доцільності гідроакумуляювання електроенергії у системі електропостачання автономної ВЕУ для невеликого господарства. Найбільш практичний спосіб гідроакумуляювання – це використання свердловин. Нами проаналізовано спроби інших авторів використати його. На основі цього і проведені наступні

розробки та розрахунки. Типовий вигляд гідроакumuлюючої електростанції у свердловині представлено на рис.1.

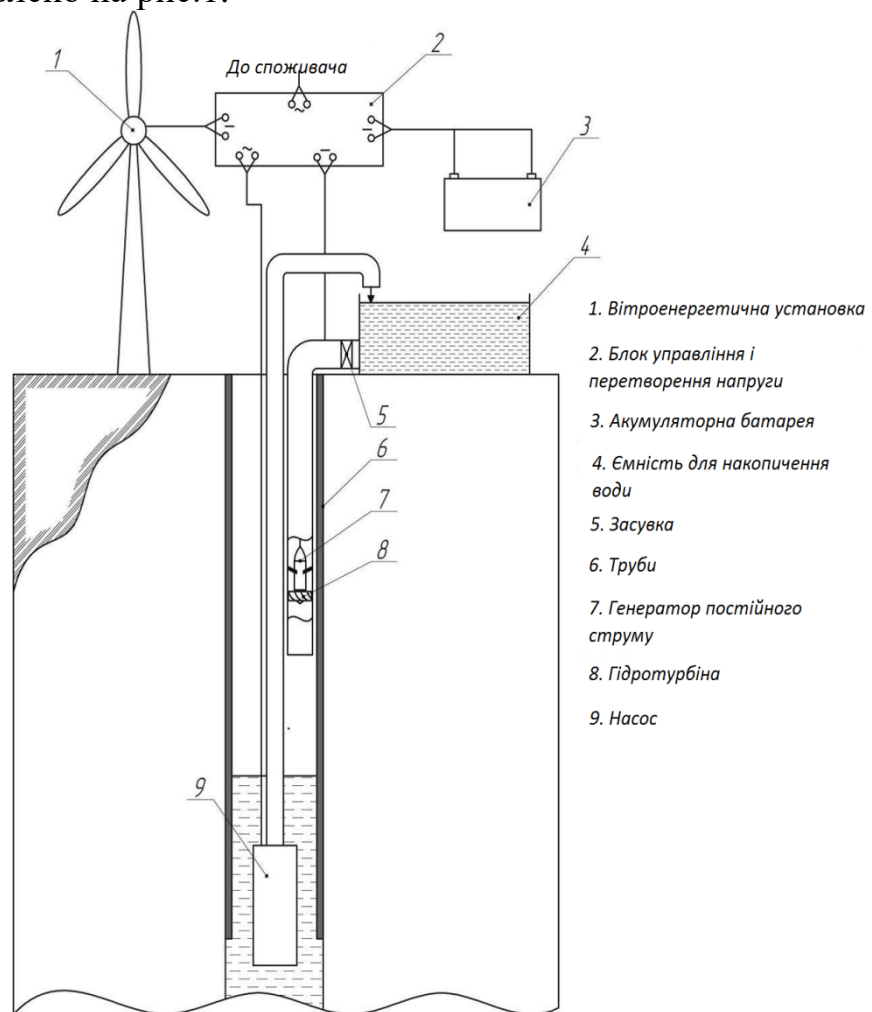


Рис. 1. Гідроакumuлююча електростанція у свердловині

Нами проведено аналіз умов роботи автономних вітроелектростанцій при роботі їх на навантаження. Встановлено, що на параметри вітроагрегату найбільший вплив робить швидкість вітру. А для визначення параметрів акумулюючої системи необхідно мати інформацію про тривалість безперервних енергетичних (періоди зі швидкістю вітру більшою або рівною робочої швидкості) і акумуляторних (періоди зі швидкістю вітру менше робочої швидкості) періодів. Дані про це можна отримати використовуючи архів погоди. Шляхом їх статистичної обробки можна отримати параметри законів розподілу неперервних енергетичних і акумуляторних періодів, а також статистичні характеристики цікавих для нас величин. Для визначення закону розподілу неперервних енергетичних і акумуляторних періодів вітру були отримані графіки вітру по місяцях.

Критерієм оптимальності параметрів автономної системи електропостачання на основі вітроенергетичної установки з акумуляторним резервом найдоцільніше прийняти вартість даної системи так як надійність її буде явно нижче надійності централізованого електропостачання. Таким чином,

чим нижче вартість проектованої системи, тим вище ймовірність її впровадження.

Вартість вітроелектростанції з акумуляторним резервом, в основному, складається з вартості двох її елементів: вітроустановки і резервної акумуляуючої системи. При цьому вартість вітроустановки і резервних акумуляторів знаходяться в протилежних залежностях від швидкості вітру. У літературі наводиться цільова функція вартості автономної системи. Для реалізації даної цільової функції необхідно знати, як залежать вартості вітроустановки і резервної акумуляуючої системи від робочої швидкості вітру.

Для експериментальних досліджень характеристик свердловинного акумулятора енергії використовувалася створена фізична модель. Проведена статистична обробка даних щодо швидкості вітру та випробування фізичної моделі.

Отримано графік залежності вартості автономної системи електропостачання від робочої швидкості вітру. Визначено математичне сподівання часу роботи всієї акумуляуючої системи від обраної робочої швидкості вітру. Проведений розрахунок потужності, що виробляється гідроагрегатом, і побудовані графіки залежності відношення вироблюваної потужності до номінальної від опору навантаження при різних глибинах установки гідроагрегату.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено утюдика статистичної обробки даних про швидкість вітру та описано як за допомогою макросів у MS Excel здійснено автоматизацію розрахунків у роботі

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено оцінку економічної ефективності капітальних витрат.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею, фізичні основи електробезпеки, зонування територій за ступенем небезпеки.

У шостому розділі «Екологія» наведено джерела забруднення гідросфери та механічні методи очищення стічних вод.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що свердловинний акумулятор енергії ефективно використовувати тільки при наявності артезіанської свердловини для водопостачання, облаштування спеціальної свердловини тільки для свердловинного акумулятора неефективно, тому що збільшує вартість вітроелектростанції з акумуляторним резервом.

2. Встановлено, що при витраті води в свердловині $5 \text{ м}^3/\text{год}$, зменшення частки електрохімічних акумуляторів в акумуляторному резерві автономної вітроелектростанції для тваринницьких комплексів за рахунок застосування свердловинного акумулятора енергії може досягати 45 %. В середньому цей показник знаходиться на рівні 15 %.

3. Тривалість безперервних енергетичних і акумуляторних періодів підпорядковується статичному закону розподілу з показником ступеня, що залежить від швидкості вітру. Математичні сподівання тривалості безперервних енергетичних і акумуляторних періодів описуються поліномами п'ятого і четвертого степеня відповідно, і залежать від обраної швидкості вітру. Зокрема, при робочій швидкості вітру 6 м/с енергетичний період буде не менше 9 годин. Отримані рівняння рекомендується використовувати при оптимізації параметрів автономної вітроелектростанції.

4. Встановлено енергоефективну робочу швидкість вітру для умов Тернопільської області, яка знаходиться в діапазоні 6 – 8 м/с. При такій швидкості вітру спостерігається мінімум цільової функції питомої вартості автономної вітроелектростанції з акумуляторним резервом, що складається з батареї електрохімічних акумуляторів і свердловинного акумулятора енергії.

5. Встановлено, що потужність генератора при скиданні води залежить від швидкості витікання води і характеристик лопатей насоса. Підтверджено, що при вільному скиданні води в свердловину, електрична машина постійного струму здатна виробляти електроенергію з потужністю, 80 – 100 % від номінальної, залежно від глибини свердловини.

6. Аналіз техніко-економічних показників розробленої вітроелектростанції з електрохімічними і свердловинним акумулятором енергії показав її ефективність. Так чистий дисконтований дохід за 10 років, отриманий в результаті впровадження проектного варіанту електропостачання, становить не менше 730 тис. грн. при порівнянні з централізованим електропостачанням і близько 700 тис. грн. при порівнянні з дизельною електростанцією.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Боднар В. Акумуляування електричної енергії, отриманої від міні вітрових енергоустановок / Боднар В. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 105. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Боднар В.М. Енергоефективність комбінованого акумуляування електроенергії у системі електропостачання автономної вітроенергетичної установки. – **Рукопис.**

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

У роботі обґрунтовані методики визначення енергетичних і акумуляторних періодів вітру, виявлені закономірності і статистичні параметри розподілу акумуляторних і енергетичних періодів вітру, обґрунтовані методики підвищення енергетичної ефективності автономної вітроелектростанції з

комбінованим акумуляторним резервом. Розроблена структура автономної вітроелектростанції з акумуляторним резервом, що дозволяє зменшити ємність електрохімічних акумуляторів. Розраховані параметри енергетичних і акумуляторних періодів вітру для Тернопільської області.

Ключові слова: вітроенергетична установка, енергетичні періоди вітру, акумуляторні періоди вітру, комбінований акумуляторний резерв.

ANNOTATION

Bodnar V.M. Energy efficiency of combined accumulation of electric energy in the system of power supply of autonomous wind power plant. - **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 work substantiates the methods of determining the energy and accumulator periods of the wind, reveals regularities and statistical parameters of the distribution of battery and energy periods of wind, grounded methods of increasing the energy efficiency of an autonomous wind power with a combined battery reserve. The structure of an autonomous wind power station with a storage reserve has been developed, which allows to reduce the capacity of electrochemical accumulators. The parameters of the energy and cumulative periods of wind for the Ternopil region are calculated.

Key words: wind power installation, wind energy periods, wind currents, combined battery backup.