

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

**КОВАЛЬ АНДРІЙ РУСЛАНОВИЧ**

УДК 621.548

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ  
УСТАНОВОК ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ МАЛОПОТУЖНИХ СПОЖИВАЧІВ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дипломної роботи 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  
**Мовчан Леонід Тимофійович,**  
доцент кафедри електричної інженерії  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

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

Захист відбудеться «27» 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 ознайомитися 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

Територія України, відповідно до вітрового кадастру, на 70% вкрита слабкими вітрами з швидкістю вітру до 4,5-5 м/с. ВЕУ з номінальною швидкістю в даному діапазоні характеризуються низькими енергетично-економічними показниками і потребують наукових досліджень з метою підвищення ефективності використання вітрового потоку у ВЕУ для середовища з слабкими і мігруючими вітрами, а також, створення методики формування рівня енергетичних параметрів МВЕУ.

Удосконалення енергетичних процесів ВЕУ передбачає формування повітряних потоків та їх взаємодію на основі використання енергії вітру. Результатом такого удосконалення вітроустановки є збільшення коефіцієнта використання вітрової енергії за рахунок її конструктивних особливостей, акумулюючих пристроїв та розподілу навантаження електромережі. Дані задачі можуть бути вирішені лише при глибокому аналізі енергетичних і фізичних процесів перетворення енергії вітру у послідовності ВІТЕР-ГЕНЕРАТОР-ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІ використовуючи методи теорії автоматичного управління, аналітичні методи досліджень та аналізу.

Наукове дослідження полягає у виявленні і дослідженні енергетичних процесів вертикально-осьових вітроустановок з концентраторами вітрового потоку, що дозволяє перетворювати слабкі вітрові потоки в електроенергію із забезпеченням стабільності напруги на клеммах генератора.

Актуальність теми роботи обумовлена відсутністю на даний час науково-методичного вирішення задачі оцінки енергетичних параметрів малопотужних ВЕУ з концентраторами вітрового потоку на різних етапах її проектування і виробництва.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є оцінка енергетичних параметрів малопотужних ВЕУ з концентраторами вітрового потоку та оцінка рівня енергетичних параметрів вітроенергетичної установки, які описують основні етапи перетворення енергії вітру в таких вітроустановках. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз слабопотокової вітроенергетики;
- оцінка потенціалу вертикально-осьових ВЕУ при малих швидкостях вітру;

**Об'єктом дослідження** є енергетичні процеси вертикально-осьової вітроенергетичної установки з концентраторами вітрового потоку.

**Предметом дослідження** є встановлення закономірностей аеромеханічних, електромеханічних та енергетичних перетворень малопотужної вітроустановки з концентраторами вітрового потоку.

**Методами дослідження** є методи теорії автоматичного управління для структурного опису процесів управління енергетичними параметрами МВЕУ, аналітичні методи досліджень при оцінці енергетичних параметрів вітроенергетичної установки з концентраторами вітрового потоку.

**Новизна проведеного дослідження.**

1. Запропоновано методику оцінки енергетичної системи МВЕУ з концентраторами вітрового потоку, як джерела інформації, яка дозволяє проаналізувати електротехнічну систему МВЕУ на інформаційну нестабільність, та дає можливість оцінити інформаційну складову її енергетичних вихідних параметрів.

2. Запропоновано конструктивні рішення вітроенергетичних установок з концентраторами вітрового потоку, які на відміну від існуючих, дозволяють перетворювати енергію вітру при малих швидкостях (менших 4 м/с), які характерні для більшості регіонів України.

**Особистий внесок автора** - особистий внесок автора включає постановку мети і задач дослідження, обґрунтування принципів і методів їхнього проведення, якісний і кількісний аналіз результатів, їхня інтерпретація.

**Практичне значення одержаних результатів.**

Результати роботи рекомендуються для подальшого використання на підприємствах і в організаціях, що займаються проектуванням, виробництвом та експлуатацією вітроустановок.

**Апробація результатів дослідження.**

Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 року, м. Тернопіль).

**Структура і обсяг роботи.**

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 103 сторінки, 6 таблиць і 31 рисунок; список літератури з 42-х найменувань на 6 сторінках.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

**У Першому розділі «Літературний огляд»** показано енергетичний потенціал вітрових потоків який має Україна. Проведена оцінка стану досліджень сучасних проблем реалізація ВЕУ для слабопотокового середовища, розглянуті вимоги до електрообладнання вітроелектричних установок. Проаналізовані проблеми видобутку енергії ветриально-осьовими вітроенергетичними установками при малих швидкостях вітру. Обґрунтовано переваги вертикально-осьових вітроенергетичних установок при малих швидкостях вітру. На основі аналізу цієї інформації сформульовані цілі та завдання досліджень.

У другому розділі «Основна частина» наведено морфологічно-функціональний опис вітроенергетичної установки з концентраторами вітрового потоку, як показано на рис.1.

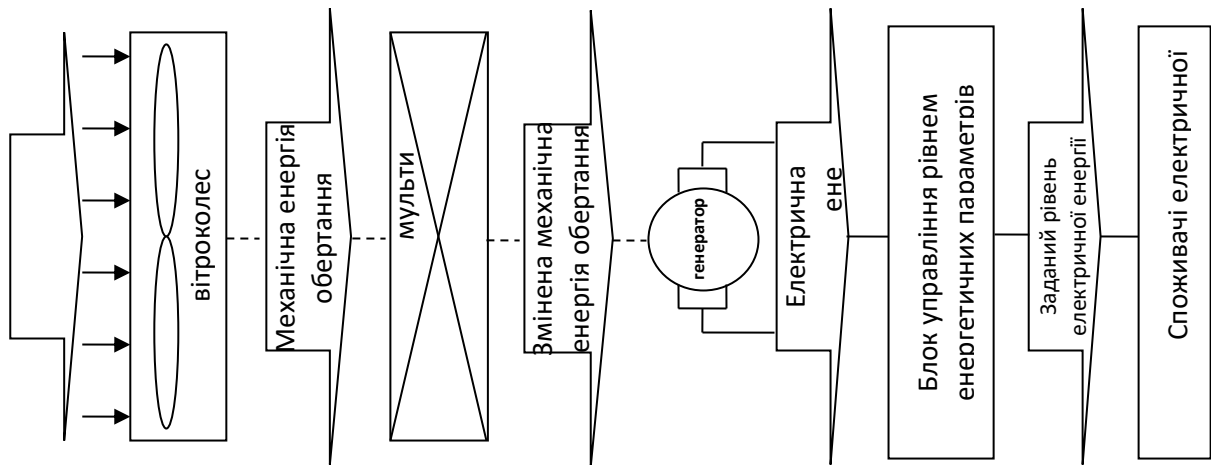


Рис. 1. Трансформація енергії потоку повітря в електричну енергію

Наведено рекомендації та технічні рішення для підвищення ефективності вітроенергетичної установки з концентраторами вітрового потоку.

Здійснено вибір структури і параметрів вітроенергетичної установки з концентраторами вітрового потоку.

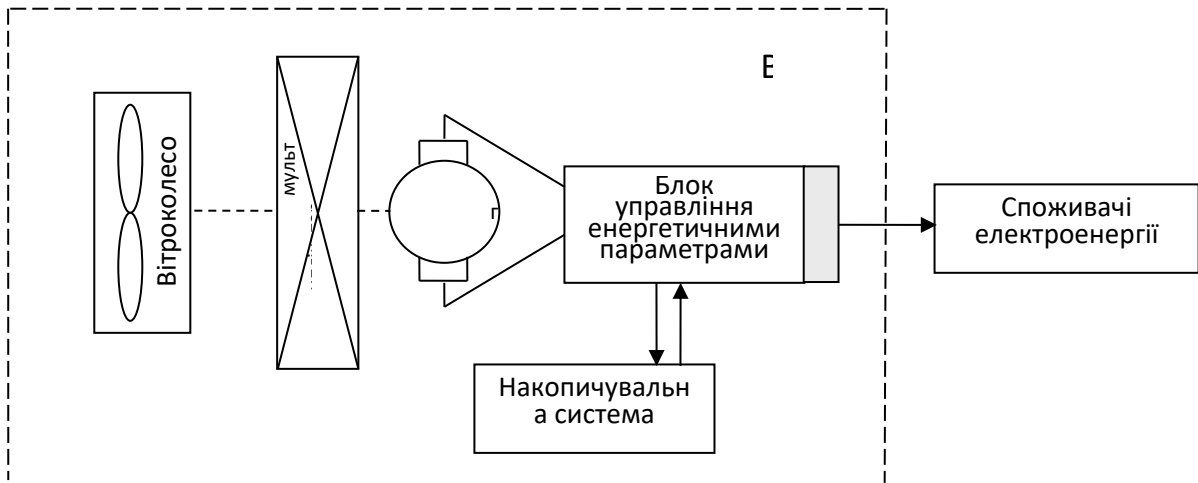


Рис. 2. Структурна схема основних елементів ВЕУ

Здійснено розробку технічних рішень для покращення параметрів вітроенергетичної установки з концентраторами вітрового потоку.

У третьому розділі «Спеціальна частина» наведено алгоритм функціонування вітроелектричної установки з концентраторами вітрового потоку та здійснено опис ліцензійного програмного забезпечення, яке використано для проведення розрахунків та представлення їх результатів.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунки впровадження вітроенергетичних установок з концентраторами вітрового потоку

Проведений техніко-економічний розрахунок впровадження малопотужних вітроенергетичних установок з концентраторами вітрового потоку показав, що собівартість виробництва електричної енергії зменшилась на 0,45 грн. кВт·год., що є економічно вигідним на фоні сучасних горизонтально-осьових ВЕУ, а економія палива за рік може скласти до 233 тис. МДж/рік.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, пов'язаних з впровадження вітроенергетичних установок з концентраторами вітрового потоку. Запропоновано заходи щодо охорони праці при роботі вітроустановок та правила безпеки при обслуговуванні їх рухомих частин і механізмів. Наведено способи захисту від шумів та вібрацій при роботі ВЕУ. Запропоновані правила безпеки при експлуатації акумуляторних батарей. Наведені заходи уникнення пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У шостому розділі «Екологія» оцінено вплив вітроенергетики на навколишнє середовище запропоновані заходи по зменшенню шкідливого впливу експлуатації вітроустановок на навколишнє середовище.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз вітрового кадастру України на фоні країн з більш розвинутою вітроенергетичною галуззю показують, що задача з виробництва електроенергії з слабких повітряних потоків в рамках малопотужної вітроенергетики розвивається у напрямку застосування повітроводних пристроїв різної конфігурації. Переважна більшість таких конструкцій реалізована на горизонтально-осьових вітродвигунах, хоча існують досить ефективні винаходи і з вертикальною віссю обертання. Причому тенденція по дослідженню роботи ВЕУ на поривчастих вітрах йде шляхом експлуатації вітрових турбін типу Дар'є і Савоніуса. Перспективність таких конструкцій для середовища з слабкими вітровими потоками очевидна.

2. Встановлено, що на слабких і мігруючих повітряних потоках існує діапазон швидкостей вітру, де коефіцієнт використання енергії вітру вертикально-осьової ВЕУ вищий, ніж у горизонтально-осьових ВЕУ. Даний факт дає можливість підвищити ефективність перетворення енергії вітру в електричну енергію у малопотужних ВЕУ.

3. Запропоновано використовувати комплекси малопотужних ВЕУ на територіях з середньорічною швидкістю вітру меншою за 4,5 м/с. Такі комплекси вітроустановок вироблятимуть більше електроенергії, ніж потужні ВЕУ на малих вітрах, оскільки час їхньої роботи буде більший.

4. Для вітроенергетичних установок з концентраторами вітрового потоку запропоновано нову структуру системи електронного управління. В основу роботи цієї системи управління покладено регулятор напруги, який забезпечує стабільність напруги, що виробляється електроенергетичною системою при змінній швидкості вітру на вході в конфузор і його випадковості. Перевагою даного регулятора є можливість передавати отриману енергію споживачу при малих обертах віротурбіни через генератор постійного струму на постійних магнітах. Досягається це підвищенням вихідної напруги та зниженням величини потужності.

5. Запропоновані технічні рішення по удосконаленню малопотужних ВЕУ дають можливість покращити енергетичні характеристики та забезпечили якісне управління процесами в режимі реального часу за допомогою мікроконтролера.

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

Коваль А.Р. Ефективність застосування вітроенергетичних установок для живлення малопотужних споживачів. // А.Р. Коваль, Л.Т. Мовчан // Збірник тез доповідей. Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» ( м. Тернопіль, 28 - 29 листопада 2018р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2018. – С. 38.

### **АНОТАЦІЯ**

**Коваль А.Р.** Ефективність застосування вітроенергетичних установок для живлення малопотужних споживачів. – **Рукопис.**

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

Тема дипломної роботи обумовлена відсутністю на сьогодні науково-методичного вирішення задачі оцінки енергетичних параметрів малопотужних ВЕУ з концентраторами вітрового потоку на різних етапах її проектування і виробництва.

В роботі вперше запропоновано конструктивні рішення вітроенергетичних установок з концентраторами вітрового потоку, які на відміну від існуючих, дозволяють перетворювати енергію вітру при малих швидкостях (менших 4 м/с), які характерні для більшості регіонів України. Результати роботи рекомендуються для подальшого використання на підприємствах і в організаціях, що займаються проектуванням, виробництвом та експлуатацією вітроустановок.

**Ключові слова:** вітроенергетика, вітроенергетична установка, малопотужна вітроенергетична установка з концентраторами вітрового потоку, швидкість вітрового потоку, енергія вітру.

## ANNOTATION

**Koval Andrii.** System efficiency of wind power installations for low-power consumers supply. – **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

The theme of the thesis is due to the lack of a scientific and methodological solution to the problem of estimating the energy parameters of low-power wind turbines with concentrators of wind flow at different stages of its design and production.

In the work for the first time, constructive solutions have been proposed for wind power plants with wind turbine concentrators, which, unlike existing ones, can convert wind energy at low speeds (less than 4 m / s), which are typical for most regions of Ukraine. The results of work are recommended for further use at enterprises and organizations involved in the design, production and operation of wind turbines.

**Keywords:** wind power, wind power plant, low wind power plant with wind turbine concentrators, wind speed, wind power.