

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

Чипіжук Андрій Васильович

УДК 621.32

**Підвищення енергоефективності синхронного генератора
вітроенергетичної системи**

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
Романюк Леонід Антонович
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "26" 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. В даний час для електропостачання віддалених від ліній електропередач малопотужних об'єктів використовуються автономні системи електропостачання (АСЕ) на основі бензо-дизельних електростанцій. Основними недоліками, якими вважаються велика витрата органічного палива на виробництво одного кВт·год, висока собівартість виробленої електричної енергії, а також інтенсивне забруднення навколишнього середовища.

Альтернативою автономних електростанцій, що працюють на вуглеводневому паливі, можуть бути системи електропостачання з використанням енергії вітру. Застосування вітроенергетичних установок (ВЕУ) для електропостачання споживачів невеликої потужності є найбільш привабливим в зв'язку з постійним зростанням вартості на традиційні енергоносії. Однак сучасні вітроенергетичні пристрої електричного постачання мають складну систему автоматичного підстроювання під постійні коливання вітрового потоку і низькі питомі характеристики генераторів, що знижує ефективність їх використання.

Електрогенератори, що входять до складу АСЕ складні і габаритні, так як мають системи запуску, пристрій стабілізації частоти обертання (оборотів обертання) або намагнічуючі обмотки з додатковими джерелами збудження. Простішою конструкцією володіють синхронні генератори на постійних магнітах (СГПМ), призначені для заряду акумуляторних батарей (АКБ). Однак магнітні системи цих генераторів до сих пір недосконалі, що призводить до великих втрат магнітної енергії у вигляді потоків розсіювання і випинання. В результаті через перетин котушок генератора проходить незначна частина магнітних силових ліній, що призводять до слабкого потокозчеплення з витками обмоток, малого за величиною магнітного потоку, низькому значенню струму і як наслідок вихідній потужності. Слабка сила струму в котушці негативно позначається на часі заряду акумуляторних елементів і ефективності роботи АСЕ з вітроустановкою при невеликих швидкостях вітрового потоку.

Виходячи з цього, слід розробляти автономні системи електропостачання з синхронними генераторами на постійних магнітах (ПМ), у яких відсоток магнітних потоків розсіювання і випинання зводиться до мінімуму. Досягнення поставленої мети можливе за рахунок введення в конструкцію генератора феромагнітних елементів і додаткових магнітних полюсів, призначених для посилення основного магнітного потоку, що проходить через витки котушки. Запропоновані конструктивні рішення вимагають теоретичного обґрунтування і практичного підтвердження, а дослідження в даній області є актуальними і представляють науковий і практичний інтерес для автономного електропостачання з використанням енергії вітру для господарств з споживачами невеликої потужності, до яких відносяться і ферми.

Мета роботи. Дослідження параметрів і режимів роботи синхронного генератора на постійних магнітах з феромагнітними вставками і додатковими

магнітними полюсами та розробка принципової електричної схеми автономної вітроенергетичної системи електропостачання екоферми.

Об'єкт дослідження. Процес перетворення механічної енергії у електричну.

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

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблена методика розрахунку, що зв'язує швидкість вітру, геометричні розміри вітроколеса, потужність генератора і ємність акумуляторних батарей;

- обґрунтована схема заміщення магнітної системи і отримані аналітичні рівняння для розрахунку параметрів магнітного кола синхронного генератора з феромагнітними вставками і додатковими магнітними полюсами;

- отримані графічні залежності, які доводять ефективність використання в магнітній системі електрогенератора феромагнітних вставок і додаткових магнітних полюсів, що впливають на підвищення концентрації магнітних силових ліній в витках обмотки і як наслідок на зростання струму в обмотках і вихідної потужності синхронного генератора.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблена принципова електрична схема автономної системи електропостачання з вітроустановкою, до складу якої входить синхронний генератор на постійних магнітах з феромагнітними вставками і додатковими магнітними полюсами;

- створена конструкція синхронного генератора на постійних магнітах з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами.

Апробація результатів роботи. 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, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 121 арк. формату А4, графічна частина – 25 аркушів 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

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і містить результати роботи по аналізу існуючої у світі інформації щодо тематики дипломної роботи. Розглянуто: сучасний стан розвитку альтернативних джерел енергії для електропостачання сільськогосподарських

об'єктів, технологія утримання і характеристика електрообладнання фермерського екогосподарства, схеми генерування електроенергії вітроустановками в автономних умовах роботи на сільських територіях.

Аналіз схем генерування електроенергії ВЕУ в автономних умовах роботи показав, що для об'єктів з споживаної електроенергії до 5 кВт·год на добу доцільно застосовувати автономну вітроенергетичну систему, в якій електрогенератор підключається до синусоїдального електричного навантаження через випрямляч, контролер заряду, акумуляторну батарею і інвертор.

Встановлено, що ефективна робота системи електропостачання в основному залежить від конструктивних особливостей електрогенератора, у якого магнітна система перетворює механічне обертання в електричну потужність.

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

Проведено аналіз електрогенераторів, що використовуються в вітроенергетичних установках невеликої потужності. Аналіз показав, що на сьогоднішній день розвиток магнітних систем генераторів вимагають нових розробок, спрямованих на підвищення ефективності їх роботи в вітроенергетичних установках. Найбільш перспективні рішення, пов'язані з розподілом або управлінням магнітним потоком в магнітних системах синхронних машин з постійними магнітами і його перерозподілом в сторону обмоток.

Розроблено автономну систему електропостачання, що працює від механічного приводу вітроустановки з синхронним генератором на постійних магнітах, з магнітопроводом зі спеціальною конфігурацією феромагнітних вставок і додаткових магнітних полюсів. Технічний результат пропонованої конструкції синхронного генератора з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами дозволяє знижувати втрати потужності магнітного поля в його магнітній системі, і досягати підвищеної продуктивності електричної енергії в складі автономної вітроенергетичної системи електропостачання.

Завданням розрахунку ВЕУ для екоферми є вибір генератора відповідної потужності, а потім визначення основних параметрів вітротурбіни: діаметра вітроколеса, кута установки лопатей, швидкохідності з урахуванням розрахункової швидкості вітру. На основі вищезазначених вихідних даних та прийнятої середньої швидкості вітру 5 м/с, проведено розрахунок даної системи.

Запропонована методика розрахунку параметрів магнітного кола однієї секції синхронного генератора з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами в статичному режимі.

Складено систему рівнянь, яка об'єднує потоки, що проходять через магнітні опори феромагнітних елементів і повітряних зазорів магнітопроводу.

Сумарний потік в секції синхронного генератора з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами знаходиться з виразу $\Phi_{скц} = \sum_{i=1}^8 \Phi_i \dots$

Відповідно до запропонованого алгоритму розрахунку електричної потужності синхронного генератора до його динамічного режиму роботи отримано:

- Графіки зміни струму навантаження від швидкості обертання якоря генератора (рис.1)
- Залежність зміни генерованої потужності від швидкості обертання якоря (рис.2)
- Залежність зміни генерованого струму синхронного генератора з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами від швидкості обертання якоря.

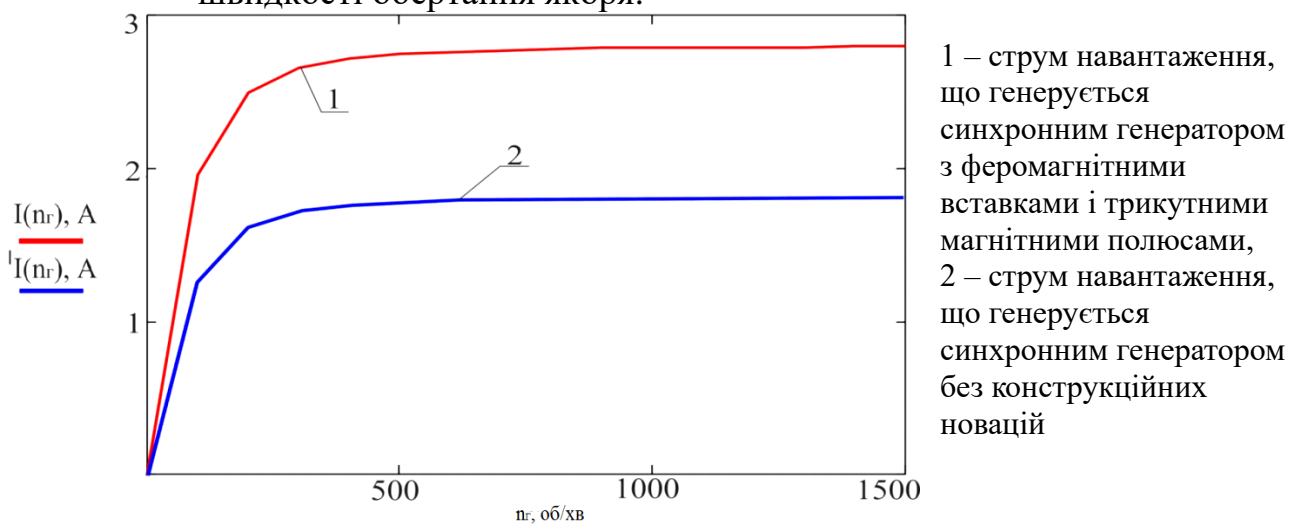


Рис. 1. Графіки зміни струму навантаження від швидкості обертання якоря генератора

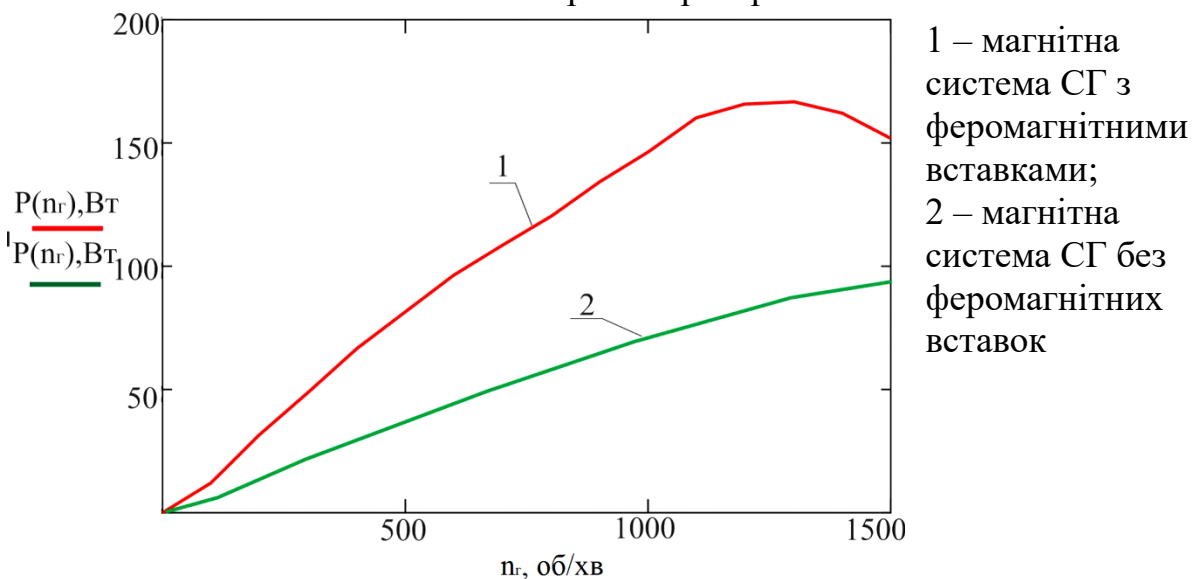


Рис. 2. Графіки зміни струму навантаження від швидкості обертання якоря генератора

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено програмні засоби розв'язання науково-технічних завдань. MathCAD, прості арифметичні обчислення у MathCAD, обчислення в MS EXCEL.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено розрахунок вартості обладнання вітроустановки і синхронного генератора з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами, порівняльний аналіз електрогенераторів та розрахунок економічних показників.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано класифікацію приміщень за небезпекою електротравм, причини електротравм, напруга кроку, запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах електроенергетики.

У шостому розділі «Екологія» наведено переваги та недоліки вітрової енергетики, вплив вітроенергетики на здоров'я людини і навколишнє середовище, еколого-економічне порівняння різних способів генерації електричної енергії..

ВИСНОВКИ

1. Розроблено принципову електричну схему автономної вітроенергетичної системи, призначеної для електропостачання споживачів невеликої потужності вівчарського господарства, до складу якої входить синхронний генератор на постійних магнітах з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами, що відрізняється покращеними питомими характеристиками, а також блок контролю заряду, акумуляторна батарея та інвертор.

2. Запропоновано методику розрахунку параметрів автономної системи електропостачання екоферми, що встановлює зв'язок між швидкістю вітру, геометричними розмірами вітроколеса, потужністю генератора і ємністю акумуляторних батарей, що дозволила встановити, що при середній швидкості вітру 5 м/с і сукупному споживанні електричної енергії 5,4 кВт·год на добу вітроустановку можна оснастити вітроколесом з радіусом лопатей 1,58 м, синхронним генератором потужністю 0,62 кВт і блоком акумуляторних батарей ємністю 1300 А·год.

3. Обґрунтована конструкція радіального синхронного генератора на постійних магнітах з феромагнітними вставками і магнітними полюсами, призначеними для перерозподілу магнітних потоків розсіювання і випинання в об'єм котушки, що дозволяє підвищити значення струму в обмотці на 48 %.

4. Запропонована і обґрунтована схема заміщення магнітопроводу однієї секції синхронного генератора, а також виведені рівняння магнітного потоку з урахуванням конструкційних особливостей магнітної системи і розроблена на основі ланцюгових методів математична методика розрахунку характеристик магнітного поля, що дозволяє розрахувати магнітний потік з відносною похибкою в 12 %.

5. Отримано розрахункові значення поточозчеплення, напруги, сили струму обмотки, потужності і ККД, на підставі яких побудовані графічні залежності в функції оборотів обертання, що дають можливість виявити особливості експлуатації синхронного генератора в динамічному режимі роботи. З графіків встановлено, що з ростом оборотів фазна напруга збільшується лінійно від 0 до 172 В, сила струму зростає по експоненційній залежності від 0 до 2,75 А, а крива потужності змінюється поліноміально від 0 до 152 Вт з екстремумів у верхній точці 167 Вт.

6. Розрахунки економічної ефективності інвестицій для вівчарського господарства, віддаленого на 5 км від ЛЕП і має добове енергоспоживання не більше 3 кВт·год, показали, що проект впровадження автономної системи електропостачання на основі синхронного генератора з феромагнітними вставками і трикутними магнітними полюсами окупиться в строк до 3 років.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Чипіжук А. Підвищення енергоефективності синхронного генератора вітроенергетичної установки / Чипіжук А. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 129. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Чипіжук А. В. Підвищення енергоефективності синхронного генератора вітроенергетичної системи. – **Рукопис.**

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

У роботі розроблено принципову електричну схему автономної вітроенергетичної системи, призначеної для електропостачання споживачів невеликої потужності, запропоновано методику розрахунку параметрів автономної системи електропостачання, обґрунтована конструкція радіального синхронного генератора на постійних магнітах з феромагнітними вставками і магнітними полюсами.

Ключові слова: ВІТРОВА ЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

ANNOTATION

Chipihuk A.V. Improvement of energy efficiency of the synchronous generator of the wind power system. - **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.

In the work the basic electric circuit of an autonomous wind power system

intended for power supply of small power consumers is developed, the method of calculation of the parameters of an autonomous power supply system is proposed, the design of a radial synchronous generator on permanent magnets with ferromagnetic inserts and magnetic poles is substantiated.

Key words: WIND ENERGY, ENERGY EFFICIENCY, AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM.