

(повне найменування вищого навчального закладу)

(назва факультету)

(повна назва кафедри)

Рецензент _____ Мєшков Ю.Є.
(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2025 р.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: “Дослідження роботи автономної вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання на турбулентних вітрах” включає в собі пояснювальну записку. Пояснювальна записка містить 73 сторінки формату А4, 17 рисунків, 7 таблиць, 31 використане джерело, 12 слайдів електронної презентації, 4 додатки.

Ключові слова: вітроенергетична установка, вертикальна вісь обертання, відновлювані джерела енергії, турбулентні вітри, програмне забезпечення, моделювання.

Об’єктом дослідження є моделювання процесу вироблення електричної енергії вітровою установкою з вертикальною віссю обертання на турбулентних вітрах.

Метою роботи є проведення дослідження роботи автономної вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання на турбулентних вітрах комп’ютерним симулюванням.

В роботі проаналізовано вплив турбулентних вітрів на ефективність вітроенергетичних установок. Розглянуто основні прийоми роботи з програмним середовищем Matlab/Simulink. Розроблено комп’ютерну імітаційну модель турбулентного вітрового потоку та окремих підсистем вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання. Досліджено закономірності роботи малопотужних вітроустановок з вертикальною віссю обертання на турбулентних вітрах. Розглянуто питання виробничої санітарії, гігієни праці та техніки безпеки при роботі на сучасних обчислювальних машинах.

ЗМІСТ

	стор.
Скорочення та умовні позначки	4
Вступ	5
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	7
1.1 Огляд основних принципів роботи вітроенергетичних установок	7
1.1.1 Вітроенергетичні установки з горизонтальною віссю обертання	7
1.1.2 Вітроенергетичні установки з вертикальною віссю обертання	10
1.2 Режими роботи автономних вітроенергетичних установок	13
1.3 Вплив турбулентних вітрів на ефективність вітроенергетичних установок	21
1.3.1 Теорія турбулентності в атмосфері	21
1.3.2 Особливості турбулентного вітру та його вплив на енергетичний потенціал	26
1.4 Висновки до оглядової частини	29
2. МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА	30
2.1 Візуальне моделювання у середовищі MATLAB-Simulink	30
2.1.1 Загальний опис програмного пакету MATLAB	30
2.1.2 Огляд пакету Simulink	32
2.2 Розробка математичної моделі автономної вітроенергетичної установки	35
2.2.1 Загальна структура моделі	35
2.2.2 Моделювання турбулентного вітропотoku	39
2.2.3 Моделювання вітроротору	42
2.2.4 Моделювання генератора	43

2.3 Висновки до методичної частини	45
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	46
3.1 Математичне дослідження особливостей динаміки вітроенергетичних установок з вертикальною віссю обертання	46
3.2 Комп'ютерне моделювання роботи автономних ВЕУ з ВВО різної потужності на турбулентних вітрах	50
3.3 Висновки до дослідницької частини	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Загальні положення	57
4.2 Характеристика місця проходження практики	59
4.3 Опис порядку допуску до роботи на підприємстві	63
4.4 Висновки до охорони праці	66
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТОК А Відомості про апробацію роботи	74
ДОДАТОК Б Відомості про апробацію роботи	79
ДОДАТОК В Відомості про апробацію роботи	84
ДОДАТОК Г Відомості про апробацію роботи	88

ВСТУП

Вітроенергетика є інноваційною технологією генерації електроенергії. Визначення технічних показників вітрових електростанцій з метою обґрунтування майбутніх проектів у вітроенергетиці має свою специфіку, що унеможлиблює використання у повному обсязі відомих методів, які використовуються в традиційній енергетиці. Ця специфіка є наслідком особливостей вітру, як енергоресурсу, а також специфіки процесу перетворення механічної енергії вітру в електроенергію.

При плануванні будівництва вітроенергетичної станції оцінка виробітку енергії на площадці є визначальною для розрахунку економічної ефективності. Як показують розрахунки, нехтування змінним характером швидкості вітру призводить до значних похибок у визначенні реальної продуктивності вітроенергетичних установок (ВЕУ). Ці розрахунки підтверджуються результатами практичного випробування ВЕУ.

Малопотужні вітроенергетичні установки встановлюють безпосередньо біля споживачів, де вітер переважно характеризують невисокі середні швидкості, часті пориви, зміна напрямків і висока турбулентність. Особливості розташування та специфічні характеристики вітру зумовлюють суттєву відмінність конструкцій малопотужних ВЕУ від уже традиційних великої потужності, зокрема застосування ВЕУ з вертикальною віссю обертання (ВВО). Ці ВЕУ ефективно працюють з поривчастими вітрами, постійно сприймають вітер різних напрямків і стартують за малої швидкості вітру завдяки прямому, безредукторному, приводу тихохідного багатополюсного синхронного генератора з постійними магнітами (СГПМ).

Тому *метою роботи* є проведення дослідження роботи автономної вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання на турбулентних вітрах комп'ютерним симулюванням.

Об'єкт дослідження: моделювання процесу вироблення електричної енергії вітровою установкою з вертикальною віссю обертання на на турбулентних вітрах.

Предмет дослідження: дослідження впливу турбулентності вітрового навантаження на генерацію автономної вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Провести огляд основних принципів роботи вітроенергетичних установок, розглянути режими роботи та системи автоматичного керування автономних вітроенергетичних установок;
2. Проаналізувати вплив турбулентних вітрів на ефективність вітроенергетичних установок;
3. Розглянути основні прийоми роботи з програмним середовищем Matlab/Simulink;
4. Розробити комп'ютерну імітаційну модель турбулентного вітрового потоку;
5. Розробити математичні й імітаційні комп'ютерні моделі підсистем вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання та дослідити закономірності роботи малопотужних вітроустановок;
6. Розглянути нормативно-методичні та організаційні заходи з охорони праці.

Методи дослідження: при проведенні дослідження використовувались методи математичного та комп'ютерного моделювання, теорія вітроенергетики, системний аналіз, статистичні методи аналізу та обробки даних.

Результати досліджень створюють наукову базу для реалізації практичних рекомендацій щодо реалізації конкретних проектів в області вітрової енергетики.