

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

(назва факультету)

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І ФІЗИКИ

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра
другого (магістерського) рівня вищої освіти

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка віртуальної лабораторної роботи з моделювання
горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності

Виконав: студент 2 курсу, групи БЕЛ
спеціальності 141. Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханіка

(код і назва спеціальності)

освітньо-професійної Нетрадиційні та відновлювані
програми джерела енергії

(назва ОПП)

Яценко Ф.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Степанчиков Д.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Мешков Ю.Є.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2025 р.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: “Розробка віртуальної лабораторної роботи з моделювання горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності” включає в собі пояснювальну записку. Пояснювальна записка містить 94 сторінки формату А4, 42 рисунки, 14 таблиць, 25 використаних джерел, 14 слайдів електронної презентації, 1 додаток.

Ключові слова: вітроенергетична установка, моделювання, віртуальна лабораторна робота, динаміка ротора, продуктивність.

Об’єктом дослідження є процеси перетворення кінетичної енергії вітру в електричну вітроенергетичними установками горизонтально-осьового типу великої потужності.

Метою роботи є розробка методики проведення віртуальної лабораторної роботи з моделювання горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності у програмному середовищі Matlab/Simulink.

У кваліфікаційній роботі розглянуто моделювання горизонтально-осьової вітроенергетичної установки, яка містить ротор, контролер та гнучкий вал з поперечними коливаннями. Вітрова турбіна з прямим приводом має потужність 10 МВт. Контролери регулюють крутний момент генератора та колективний крок лопатей. Ротор та вал підтримуються чотирма підшипниками, що дозволяє моделювати поперечні коливання вала, спричинені незбалансованою магнітною силою генератора. Розроблено методику проведення віртуальної лабораторної роботи.

У розділі «Економічна частина» отримано фінансову оцінку передбачуваних витрат та одержуваного ефективного результату, оцінено внесок в досягнення отриманих результатів науково-дослідної роботи.

У розділі «Охорона праці» розглянуто нормативно-методичні та організаційні заходи з охорони праці.

ЗМІСТ

	стор.
Скорочення та умовні позначки	4
Вступ	5
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	7
1.1 Використання віртуальних лабораторних робіт у вищих навчальних закладах	7
1.2 Моделювання вітроенергетичних систем	10
1.2.1 Принципи моделювання в Matlab/Simulink	10
1.2.2 Приклади моделювання вітроенергетичних систем в Matlab/Simulink	12
1.3 Динаміка та перспективи розвитку вітрової енергетики	16
1.3.1 Сучасний стан галузі	16
1.3.2 Технічні характеристики основних типів вітрових генераторів	18
1.4 Висновки до оглядової частини	23
2. МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА	25
2.1 Опис програмної реалізації лабораторної роботи в Matlab/Simulink	25
2.1.1 Загальна схема	25
2.1.2 Підсистема диспетчерського керування (Supervisory Control)	26
2.1.3 Підсистема регулятора кута повороту лопатей (Turbine Pitch Controller)	28
2.1.4 Підсистема контролера потужності (MPPT, Derating with Limiter Control)	30
2.1.5 Підсистема вітрової турбіни (Turbine coupled with Grid and Transformed)	32

2.2 Основні параметри моделі горизонтально-осьової вітроенергетичної установки	37
2.2.1 Файлова структура моделі	37
2.2.2 Основні вхідні характеристики моделі	38
2.3 Загальна структура лабораторної роботи	40
2.4 Висновки до методичної частини	42
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	44
3.1 Зняття характеристики потужності вітроенергетичної установки	44
3.2 Дослідження роботи підсистеми диспетчерського керування	49
3.3 Дослідження роботи підсистеми регулювання кута повороту лопатей	52
3.4 Дослідження роботи підсистеми контролера потужності	57
3.5 Дослідження різних моделей вітрового навантаження	61
3.6 Зміст завдань до розробленої лабораторної роботи	64
3.7 Висновки до дослідницької частини	65
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	67
4.1 Методика визначення економічної ефективності науково-дослідної роботи	67
4.2 Розрахунок витрат на науково-дослідну роботу	72
4.3 Розрахунок коефіцієнту наукової значимості результатів та комплексного показника рівня науково-дослідної роботи	75
4.4 Висновки до економічної частини	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
5.1 Роль освітлення у робочих приміщеннях	78
5.2 Розрахунок суміщеного освітлення у робочому приміщенні	80
5.3 Висновки до охорони праці	88
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
ДОДАТОК А Апробація результатів дослідження	95

ВСТУП

Світове споживання електроенергії зростає, тому є попит на подвоєння потужності протягом наступних 20 років. Виробництво, розподілення та використання енергії мають бути настільки технологічно ефективними, наскільки є можливості і стимули для економії енергії у кінцевого користувача. Дерегулювання енергетики знизило інвестиції у великі електростанції, а це означає, що потреба в нових джерелах електроенергії може бути дуже високою у найближчому майбутньому. Наслідком цього є актуальність та необхідність підготовки майбутніх інженерів-енергетиків.

Інформаційні процеси впливають на усі сторони освітньої системи: на зміст освіти та виховання, на діяльність педагогічних та допоміжних кадрів, на розв'язання фінансово-господарських питань, а також визначають орієнтири та точки зростання освітньої системи. Це пов'язано з тим, що навчальний процес є педагогічно організованою взаємодією його учасників, а також інформаційним процесом, який пов'язаний із створенням, збереженням, обміном та використанням інформації.

Завдяки новітнім технологіям змінюється роль, спосіб, швидкість та ефективність використання інформації в процесі навчання. Виникають та набувають поширення такі терміни, як інформаційне освітнє середовище, інформаційний простір навчання, комп'ютерно-орієнтоване середовище навчання, віртуальне середовище навчання та інші.

Тому *метою роботи* є розробка методики проведення віртуальної лабораторної роботи з моделювання горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності у програмному середовищі Matlab/Simulink

Об'єкт дослідження: процеси перетворення кінетичної енергії вітру в електричну вітроенергетичними установками горизонтально-осьового типу великої потужності.

Предмет дослідження: методика проведення віртуальної лабораторної роботи з моделювання горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності.

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

1. Обґрунтувати необхідність використання віртуальних лабораторних робіт у професійній підготовці майбутніх енергетиків у вищих навчальних закладах;
2. Проаналізувати динаміку та перспективи розвитку вітрової енергетики. Розглянути головні концепції конструкції вітрових турбін, проаналізувати їх основні відмінності;
3. Провести огляд можливостей програмного середовища Matlab/Simulink для проектування та моделювання вітроенергетичних систем;
4. Створити у програмному середовищі Matlab/Simulink імітаційну модель горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності;
5. Розробити методику проведення віртуальної лабораторної роботи з моделювання горизонтально-осьової вітроенергетичної установки великої потужності у програмному середовищі Matlab/Simulink;
6. Отримати фінансову оцінку передбачуваних витрат та одержуваного ефективного результату науково-дослідної роботи;
7. Розглянути нормативно-методичні та організаційні заходи з охорони праці.

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

Результати досліджень створюють наукову базу для реалізації практичних рекомендацій щодо конкретних проектів в області сучасної вітроенергетики.