

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
першого (бакалаврського) рівня освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Моделювання та дослідження роботи крокового двигуна у
Matlab/Simulink

Виконав:	студент 4 курсу, групи 4зЕЛ
спеціальності	141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
	(код і назва спеціальності)
освітньо- професійної програми	Електротехніка та електротехнології
	(назва ОПП)
	Коваль В.В.
	(прізвище та ініціали)
Керівник	Степанчиков Д.М.
	(прізвище та ініціали)
Рецензент	Мешков Ю.Є.
	(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2025 р.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: “Моделювання та дослідження роботи крокового двигуна у Matlab/Simulink” включає в собі пояснювальну записку. Пояснювальна записка містить 95 сторінок формату А4, 48 рисунків, 4 таблиці, 18 використаних джерел, 16 слайдів електронної презентації, 1 додаток.

Ключові слова: крокові двигуни, керування, динамічні характеристики, комп’ютерне моделювання.

Об’єктом дослідження є крокові двигуни, їх динамічні характеристики та процеси перетворення енергії електричних сигналів в механічну системами на основі крокових двигунів.

Мета роботи: моделювання та дослідження роботи крокового двигуна у середовищі Matlab/Simulink для визначення його динамічних характеристик та оптимізації керування.

Результатом роботи є розроблені методика та комп’ютерна модель для дослідження роботи крокового двигуна у середовищі Matlab/Simulink. Результати досліджень створюють наукову базу для визначення статичних і динамічних режимів роботи електроприводу на основі крокових двигунів. Результати можуть бути використані в учбовому процесі на дисциплінах електротехнічного напрямку.

У розділі «Методична частина» розглянуто принципи блочного моделювання у середовищі Matlab/Simulink, описана методика роботи з різними моделями крокових двигунів.

У розділі «Дослідницька частина» проведено дослідження роботи крокового двигуна у середовищі Matlab/Simulink.

У розділі «Охорона праці» розглянуто питання виробничої санітарії, гігієни праці та техніки безпеки. Розглянуто шкідливі та небезпечні фактори виробничого процесу. Проаналізовано порядок проведення інструктажів для працівників підприємства.

ЗМІСТ

	стор.
Скорочення та умовні позначки	5
Вступ	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	8
1.1 Основні типи крокових двигунів	8
1.1.1 Двигуни зі змінним магнітним опором	8
1.1.2 Двигуни з постійними магнітами	9
1.1.3 Гібридні двигуни	11
1.1.4 Біполярні та уніполярні двигуни	13
1.2 Принципи роботи крокових двигунів	14
1.2.1 Принцип дії однофазного крокового двигуна	14
1.2.2 Принцип дії трифазного крокового двигуна	15
1.3 Способи керування кроковими двигунами	18
1.3.1 Повнокроковий режим керування	18
1.3.2 Напівкроковий режим керування	20
1.3.3 Мікрокроковий режим керування	21
1.4 Характеристики крокових двигунів	22
1.4.1 Статичні характеристики	22
1.4.2 Пускові та вихідні характеристики	25
1.5 Практичні застосування крокових двигунів	27
1.6 Висновки до оглядової частини	29
2. МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА	31
2.1 Загальні принципи імітаційного моделювання у Matlab/Simulink	31
2.2 Модель біполярного крокового двигуна у Matlab/Simulink	32
2.2.1 Блок Stepper Motor	32
2.2.2 Блок Stepper Motor Driver	35
2.3 Модель уніполярного крокового двигуна у Matlab/Simulink	39
2.3.1 Блок Unipolar Stepper Motor	39

	3
2.3.2 Блок Unipolar Stepper Motor Driver	41
2.4 Моделі крокових двигунів зі змінним магнітним опором, з постійним магнітним полем та гібридних	44
2.5 Висновки до методичної частини	48
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	50
3.1 Моделювання режимів керування трифазного крокового двигуна	50
3.1.1 Схема модельного експерименту	50
3.1.2 Моделювання повнокрокового режиму керування	51
3.1.3 Моделювання напівкрокового режиму керування	54
3.2 Моделювання режимів керування двофазного крокового двигуна	57
3.2.1 Схема модельного експерименту	57
3.2.2 Моделювання повнокрокового режиму керування	58
3.2.3 Моделювання напівкрокового режиму керування	61
3.3 Моделювання крокового двигуна з контуром керування струмом	63
3.3.1 Силовий струмовий привід	63
3.3.2 Модель крокового двигуна з керуванням контуром струму	65
3.3.3 Модель генератора траєкторії крокового двигуна	68
3.4 Моделювання роботи уніполярного крокового двигуна	71
3.4.1 Усереднений режим уніполярного крокового двигуна	71
3.4.2 Уніполярний кроковий двигун з керуванням	74
3.5 Висновки до дослідницької частини	77
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
4.1 Загальна характеристика робочого місця	78
4.2 Порядок проведення інструктажів для працівників підприємства	83
4.3 Висновки до охорони праці	90
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
ДОДАТОК А Відомості про апробацію	96

ВСТУП

Сучасні технології керування електричними машинами займають важливе місце у сфері автоматизації, робототехніки та електромеханічних систем. Одним із ключових елементів таких систем є крокові двигуни, які забезпечують точне позиціонування та управління рухом. Вони широко застосовуються в числовому програмному управлінні (ЧПУ), 3D-принтерах, медичному обладнанні, автоматичних системах дозування та багатьох інших пристроях, що потребують високої точності переміщення.

Крокові двигуни мають унікальну особливість – здатність переміщуватися дискретними кроками без використання зворотного зв'язку, що робить їх економічно вигідними та технологічно зручними для застосування у різних галузях. Проте ефективне використання крокових двигунів залежить від правильного вибору типу двигуна, методу керування та розрахунку його характеристик. У зв'язку з цим моделювання таких двигунів дозволяє детально дослідити їхню роботу, оцінити динамічні характеристики та оптимізувати параметри управління.

Одним із найпотужніших інструментів для математичного моделювання є середовище Matlab/Simulink, яке надає широкі можливості для створення, аналізу та оптимізації електромеханічних систем. Його використання дозволяє відтворювати роботу крокових двигунів у різних режимах, аналізувати їхні характеристики та оцінювати ефективність керування без необхідності створення фізичних прототипів.

Актуальність дослідження обумовлена зростаючою потребою у високоточних системах керування та необхідністю їхнього вдосконалення для забезпечення стабільної та енергоефективної роботи. Моделювання у Matlab/Simulink дозволяє здійснювати перевірку алгоритмів керування, що є важливим етапом у розробці нових пристроїв і систем.

Тому **метою роботи** є моделювання та дослідження роботи крокового двигуна у середовищі Matlab/Simulink для визначення його динамічних характеристик та оптимізації керування.

Об'єкт дослідження: крокові двигуни, їх динамічні характеристики та процеси перетворення енергії електричних сигналів в механічну системою на основі крокових двигунів.

Предмет дослідження: методи моделювання та аналізу роботи крокових двигунів у середовищі Matlab/Simulink.

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

1. Провести аналіз основних типів крокових двигунів, їхніх характеристик та принципів роботи.
2. Дослідити методи керування кроковими двигунами та їх вплив на динамічні характеристики.
3. Розробити у Matlab/Simulink комп'ютерні моделі для дослідження біполярного, уніполярного крокових двигунів, крокових двигунів зі змінним магнітним опором, з постійним магнітним полем та гібридних.
4. Провести моделювання режимів керування трифазного та двофазного крокових двигунів, моделювання крокового двигуна з контуром керування струмом, моделювання роботи уніполярного крокового двигуна.
5. Розглянути нормативно-методичні та організаційні заходи з охорони праці.

Методи дослідження: аналіз науково-технічної літератури, математичне моделювання, комп'ютерна симуляція, а також аналіз отриманих результатів для їхньої подальшої інтерпретації та використання у практичних системах.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання створеної моделі для подальшої розробки та вдосконалення систем керування кроковими двигунами, що сприятиме підвищенню їхньої точності, надійності та енергоефективності.