

Міністерство освіти і науки України

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Фізико-математичний факультет

Кафедра інформатики

Дипломна робота

з теми: **“Моделювання керованих електромеханічних систем на основі використання диференціальних та інтегральних моделей”**

Виконав: студент 2 курсу ступеня вищої освіти  
магістр групи KN1-M18  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
Мацюк Дмитро Володимирович

Керівник:  
Федорчук В.А., доктор технічних наук, професор

Рецензент:  
Оптасюк С.В., кандидат фізико-математичних  
наук, доцент

Кам'янець-Подільський – 2019 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 .....	5
ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ .....	5
1.1. Поняття динамічної системи .....	5
1.2. Класифікація динамічних систем .....	6
1.3. Основні властивості динамічних систем .....	8
1.4. Різновиди електромеханічних систем .....	12
РОЗДІЛ 2 .....	16
ПЕРЕТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ .....	16
2.1. Опис динамічної системи у вигляді звичайного диференціального рівняння.....	17
2.2. Отримання моделі динамічної системи у вигляді передатної функції	18
2.3. Структурні перетворення моделей .....	20
РОЗДІЛ 3 .....	27
МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ .....	27
3.1. Критерій Найквіста.....	27
3.2. Критерій Михайлова .....	30
3.3. Критерій Ляпунова .....	33
РОЗДІЛ 4 .....	37
ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ .....	37
4.1 VisSim .....	37
4.2 Mathcad .....	38
4.3 MatLab.....	39
4.4 Дослідження електродвигуна мп-1800-200 за його комп'ютерною моделлю .....	49
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	57

## ВСТУП

Розвиток і застосування засобів обчислювальної техніки привело до значного підвищення інтересу до методів математичного моделювання та аналізу як в техніці та науці, так і в інших сферах життєдіяльності. За допомогою моделей, реалізованих на ЕОМ, можна розв'язувати більшість задач аналізу, проектувати нові складні системи, здійснювати вибір найкращих варіантів розв'язків, здійснювати аналіз і прогнозування поведінки динамічних систем, розв'язувати багато інших задач.

Математичне моделювання електромеханічних систем є важливим етапом проектування систем автоматизованого електроприводу. На цьому етапі виконується аналіз динамічних властивостей електроприводу з точки зору відповідності технологічним вимогам, уточняється структура системи керування, типи регуляторів, їх параметри. При моделюванні можна безбоязно досліджувати поведінку системи в аварійних ситуаціях, що неможливо на лабораторних і тим паче на діючих промислових установках. Іноді моделювання проводять для того, щоб оцінити коректність прийнятих при математичному опису системи спрощень.

**Актуальність** даної роботи полягає в тому, що електромеханічні системи повинні бути не лише стійкими, але й зберігати свою працездатність при різноманітних режимах роботи та при зміні параметрів системи. Адже стійкість є важливим параметром самої системи, оскільки коли на систему подіяло якесь збурення, при цьому змінивши параметри системи, то не завжди сама система може повернутися до початкового стану. І тому на етапі проектування електромеханічних систем потрібна розробка спеціальних методів та алгоритмів для дослідження стійкості таких систем. Зокрема, для ефективного аналізу електромеханічної системи необхідно мати уявлення про її поведінку (без зовнішніх та внутрішніх впливів), та умови, за яких електромеханічна система приходить до стійкого стану, про значення параметрів, при яких система забезпечує необхідні характеристики функціонування.

**Мета роботи** – розглянути методи аналізу електромеханічних систем на основі використання їх математичних моделей, провести дослідження електродвигуна.

**Об’єктом** дослідження є процес аналізу електромеханічних систем.

**Предметом** дослідження є методи аналізу електромеханічних систем.

У відповідності до мети дослідження ставляться такі **завдання**:

1. Аналіз існуючих методів та засобів дослідження математичних моделей електромеханічних систем.
2. Ознайомитись з методами побудови та перетворення математичних моделей електромеханічної системи.
3. Дослідити методи визначення стійкості електромеханічних систем за їх математичними описами.
4. Проведення обчислювальних експериментів електродвигуна.

## ВИСНОВКИ

Отже, моделювання та аналіз, дослідження різних характеристик за якими, зокрема, визначається стійкість електромеханічних систем стали одним з основних методів вивчення електромеханічних систем. Адже такий параметр, як стійкість є важливим тому, що він являється одним із основних властивостей системи. Стійкість – це та властивість динамічної системи, при якій вона повертається з різних початкових станів до деякого врівноваженого стану. З точки зору технічних додатків стійкість, взагалі кажучи, мінімально необхідна умова, якій повинна задовольняти система.

В роботі розглянуті питання математичного опису електромеханічних систем. З'ясовано, що для дослідження лінійних електромеханічних систем із зосередженими параметрами типовим видом математичного опису є передатні функції. Для цієї форми математичного опису розроблено багато методів дослідження електромеханічних систем, зокрема методів дослідження стійкості керованих електромеханічних систем. Для приведення моделі до вигляду, який найбільш ефективний для дослідження розглянуто і продемонстровано на прикладах методи перетворення структурних моделей, де елементи структури описуються передатними функціями.

Проведений аналіз програмних засобів моделювання динамічних систем показав, що найбільш широкий набір засобів має пакет комп'ютерного моделювання MatLab. Для апробації методики дослідження керованих електромеханічних систем розв'язано практичну задачу моделювання електродвигуна МП-1800-200. Для конкретного електродвигуна розроблено систему автоматичного регулювання у вигляді ПД-регулятора. Знайдено оптимальні параметри ПД-регулятора та досліджено ефективність автоматичного регулювання частоти обертів електродвигуна при виникненні стрибкоподібних навантажень на валу. Результати обчислювальних експериментів показали високу ефективність розробленої системи автоматичного регулювання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Асанов А.З. Моделирование и анализ динамических систем: Учебное пособие. / А.З. Асанов — Набережные Челны: Изд-во Камского государственного политехнического института, 2004. — 152 с.: ил.
2. Хусаїнов Д.Я. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник / Д.Я. Хусаїнов, І.І. Харченко, А.В. Шатирко. — К., 2010. — 132 с.
3. Верлань А.Ф. Моделювання систем управління в середовищі MATLAB / А.Ф.Верлань, І.О.Горошко, Д.Е. Контрерас, В.А. Федорчук, В.Ф. Юзвенко — К.: ЦКІС АПНУ, 2002. — 68 с
4. Кокуев А.Г. Исследование устойчивости линейных САУ / методические указания / А.Г. Кокуев, В.И. Кантемиров — Астрахань, 2008. — 15с.
5. Мануйлов Ю.С. Преобразование и исследование математических моделей динамических систем: учеб. пособие / Ю.С. Мануйлов, Е.А. Новиков; под общ. ред. Ю.С. Мануйлова. — СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2011. — 344 с.
6. Шульгин В.И. Основы работы с Simulink MatLab: лабораторный практикум / В.И. Шульгин — Харьков, 2010. — 60 с.
7. Системы автоматического управления: Методические указания С40 /Сост. М. А. Цветов. — Ульяновск: УлГТУ, 2002. — 20 с.
8. Усынин Ю.С. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов / Ю.С. Усынин. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. — 176 с.
9. Смольников А. П. Линейные системы автоматического управления: Учеб. пособие / А. П. Смольников. — Красноярск, 2007 — 100 с.
10. Никульчев Е.В. Пособие "Control System Toolbox" / Е.В.Никульчев [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/controlsystem/book1/index.php>
11. Бесекерский В.А. 4-е изд Теория систем автоматического управления. / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов — СПб.: Профессия, 2003. — 752 с.

12. Руш Н. Прямой метод Ляпунова в теории устойчивости. / Н. Руш, П. Абетс, М. Лалуа — Москва: Мир, 1980. — С. 7-8. — 300 с.
13. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования: 2-е изд., перераб. и доп. / Г.Ф. Зайцев — К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. — 431 с.
14. Акілов О.І. Системи і засоби автоматичного регулювання: навчальний посібник / О.І. Акілов. — Суми: СУМДУ, 2005.
15. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования: — М.: Машиностроение, 1989. — 752 с.
16. Зильберман Б.З. Моделирование электроприводов. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 80 с.