



Моделювання електротехнічних та мехатронних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна), прискорена</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредита / 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит</i>
Розклад занять	<i>Чт. 08:30 – 10.05, 10:25 – 12.00; Пт. 08:30 – 10.05, 10:25 – 12.00</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net; тел. +38-067-907-91-19 (10:00 – 17:00) Практичні / Лабораторні: ст. викл. Майданський Іван Ярославович; e-mail: ivanmaidanskyi@gmail.com; тел. +38-097-341-18-41 (10:00 – 17:00)</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/c/MjY2OTgzMTY3NTc4</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність до побудови складних моделей електротехнічних систем;
- здатність до створення універсальних, найбільш ефективних алгоритмів дослідження електротехнічних систем на комп'ютері.

Вивчення матеріалу даної дисципліни орієнтовано на широке застосування обчислювальної техніки та програмування.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ФК1) здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (ФК10) усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (ФК12) здатність забезпечувати моделювання електротехнічних та електромеханічних об'єктів і технологічних процесів виробництва з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів; (ФК13) здатність розробляти робочу проектну й технічну документацію з перевіркою відповідності розроблювальних проектів і технічної документації стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам; (ФК14) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з розробкою автоматичних систем керування, оцінювати накопичений досвід.

Уміння: (ПРН8) обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; (ПРН21)

Використовувати, розраховувати та досліджувати цифрові та нелінійні регулятори технологічних процесів, використовуючи сучасне електротехнічне обладнання; (ПРН22) створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів електротехнічних та мехатронних систем та проводити їх дослідження на сучасному обладнанні з сучасним програмним забезпеченням.

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Програму навчальної дисципліни «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» складено відповідно до освітньо-професійної програми «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» першого бакалаврського рівня вищої освіти спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Міждисциплінарні зв'язки: у структурно-логічній схемі програми підготовки фахівця дисципліна є однією із завершальних у формуванні спеціаліста електротехнічного профілю. Базується на вивченні дисциплін викладається на базі матеріалів дисциплін: "Фізика", "Вища математика", "Теоретичні основи електротехніки", "Обчислювальна техніка та програмування", "Електропривод", "Автоматизований електропривод машин і установок", "Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами".

2. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів, тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
Розділ 1. Вступ до дисципліни "Моделювання електротехнічних та мехатронних систем"					
Тема 1.1. Базові поняття та методика комп'ютерного моделювання	8	4	2	2	
Тема 1.2. Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем	12	4	4	3	1
Розділ 2. Реалізація математичних моделей					
Тема 2.1. Алгоритми автоматичного керування	9	4	2	2	1
Тема 2.2. Регулятори та нелінійні елементи	9	4	2	2	1
Модульна контрольна робота з розділів 1, 2	1				1
Розділ 3. Аналітичні методи моделювання процесів і систем					
Тема 3.1. Чисельно-аналітичні методи моделювання	11	6	2	2	1
Тема 3.2. Методи дискретного Z-перетворення	9	4	2	2	1
Розділ 4. Моделювання складних ЕТС					
Тема 4.1. Реалізація основних ланок пружних систем	12	6	2	3	1
Тема 4.2. Моделювання складних багатомасових ЕТС	8	4	2	2	
Модульна контрольна робота з розділів 3, 4	1				1

Розрахунково-графічна робота з розділів 1, 2, 3, 4	10				10
Підготовка до екзамену	30				30
Всього	120	36	18	18	48

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Моделювання електромеханічних процесів і систем: Навч. посіб. / О.В. Данілін, В.М. Чермалих, П.В. Розен. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 52 с.
2. Цифрові системи управління електроприводом: навч. посіб. / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, І.Я. Майданський, А.В. Босак. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 72 с.
3. Моделирование электромеханических систем // Конспект лекций к изучению дисциплины "Моделирование электромеханических систем" для студентов специальности 7.092203 – "Электромеханические системы автоматизации и электропривод". / Сост. А.В. Данилин – К.: НТУУ "КПИ" ИЕЕ, 2006. – 72 с.
4. Використання пакета MATLAB–Simulink для моделювання динамічних систем та пристроїв: Метод. вказівки до виконання лабораторних, розрахунково-графічних робіт, курсового та дипломного проектування для студ. спец. 7.092203 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» і 7.092204 – «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» / Укладачі: О.В. Чермалих, О.В. Данілін, В.В. Кузнєцов. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 72 с.
5. Моделирование электромеханических систем / Учебное пособие / А.П. Черный, А.В. Луговой, Д.И. Родькин и др. – Кременчуг. – 1999. – 204 с.

Допоміжна

6. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ.– М.: Машиностроение, 1986. – 448 с., ил.
7. Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.
8. Гульятєв А.К. MATLAB 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб: Корона принт, 2001. – 402 с.

Інформаційні ресурси

<http://uk.wikipedia.org> – Веб-сайт відомої у світі електронної енциклопедії

<http://www.exponenta.ru> – Освітній математичний веб-сайт

<http://planetmath.org> – Веб-сайт світової математичної енциклопедії

<http://allmatematika.ru> – Математичний форум

<http://www.forum.softweb.ru> – Веб-сторінка форуму математичного та інженерного програмного забезпечення

<http://model.exponenta.ru> – Веб-сайт моделювання систем та явищ

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиждень	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Реком. час на СРС
1	Лекція 1. Вступ до дисципліни Комп'ютерний практикум 1. Виконання завдання 1	

2	Лекція 2. Імітаційне, об'єктно-орієнтоване моделювання Практичне заняття 1. Базові поняття та методика комп'ютерного моделювання	
3	Лекція 3. Побудова математичних моделей технічних систем Комп'ютерний практикум 2. Виконання завдання 1	1
4	Лекція 4. Структурні схеми та дослідження технічних систем Практичне заняття 2. Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем	
5	Лекція 5. Аналогове та цифрове моделювання Комп'ютерний практикум 3. Виконання завдання 2	
6	Лекція 6. Основні алгоритми автоматичного регулювання Практичне заняття 3. Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем	1
7	Лекція 7. ПІД-регулятор в системах автоматичного регулювання Комп'ютерний практикум 4. Виконання завдання 2	
8	Лекція 8. Реалізація нелінійних елементів різних типів Практичне заняття 4. Алгоритми автоматичного керування Модульна контрольна робота 1	1
9	Лекція 9. Побудова структурних схем в просторі станів Комп'ютерний практикум 5. Виконання завдання 3	
10	Лекція 10. Апроксимація функцій Практичне заняття 5. Регулятори та нелінійні елементи	
11	Лекція 11. Чисельно-аналітичний метод комп'ютерного моделювання Комп'ютерний практикум 6. Виконання завдання 3	1
12	Лекція 12. Дискретна апроксимація лінійних функцій Практичне заняття 6. Чисельно-аналітичні методи моделювання	
13	Лекція 13. Комп'ютерне моделювання за допомогою Z-перетворення Комп'ютерний практикум 7. Виконання завдання 4	1
14	Лекція 14. Аналіз механічних ланок пружних систем Практичне заняття 7. Методи дискретного Z-перетворення Модульна контрольна робота 2	1
15	Лекція 15. Методи побудови моделей пружних систем Комп'ютерний практикум 8. Виконання завдання 4	
16	Лекція 16. Математичні моделі електромеханічних систем Практичне заняття 8. Реалізація основних ланок пружних систем	
17	Лекція 17. Багатомасові електромеханічні системи Комп'ютерний практикум 9. Виконання завдання 4	
18	Лекція 18. Моделювання розгалужених електротехнічних систем Практичне заняття 9. Моделювання складних багатомасових	

	ЕТС Подання розрахунково-графічної роботи	
--	--	--

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Назва теми лекції: Вступ до дисципліни</p> <p>Перелік основних питань: Математичне моделювання електротехнічних систем систем (ЕТС). Основні поняття та визначення. Математичне та фізичне моделювання. Поняття об'єкта, системи, процесу, характеристики та параметрів. Аналогове та цифрове моделювання.</p> <p>Література: [2, 8]</p>
2	<p>Назва теми лекції: Імітаційне, об'єктно-орієнтоване моделювання</p> <p>Перелік основних питань: Методика побудови моделі-імітатора. Структурна схема узагальненої електромеханічної системи. Основні блоки та модулі системи. Векторно-матрична модель ЕТС. Детерміновані та недетерміновані моделі. Математична модель "чорної скриньки"</p> <p>Література: [5, 7]</p>
3	<p>Назва теми лекції: Побудова математичних моделей технічних систем</p> <p>Перелік основних питань: Гідравлічний привод та електродвигун постійного струму незалежного збудження. Отримання диференціальних рівнянь систем, структурних схем та передавальних функцій.</p> <p>Література: [1, 6]</p>
4	<p>Назва теми лекції: Структурні схеми та дослідження технічних систем</p> <p>Перелік основних питань: Побудова математичних моделей технічних систем різної фізичної природи. Пружна механічна система та електричне коло з котушкою індуктивності, резистором і конденсатором. Отримання диференціальних рівнянь систем, структурних схем та передавальних функцій</p> <p>Література: [2, 6]</p>
5	<p>Назва теми лекції: Аналогове та цифрове моделювання</p> <p>Перелік основних питань: Принцип суперпозиції. Формування моделей за правилами комбінованого регулювання. Аналогове та цифрове моделювання. Зображення опорів основних елементів. Послідовне та паралельне з'єднання ланок. Моделювання сумуючого пристрою</p> <p>Література: [1, 7].</p>
6	<p>Назва теми лекції: Основні алгоритми автоматичного регулювання</p> <p>Перелік основних питань: Пропорційне, пропорційно-інтегральне та диференціальне регулювання. Основні математичні залежності та передавальні функції відповідних ланок. Передавальна функція операційного підсилювача.</p> <p>Література: [5, 7].</p>
7	<p>Назва теми лекції: ПІД-регулятор в системах автоматичного регулювання</p> <p>Перелік основних питань: Передавальна функція та структурна схема регулятора в аналоговому та цифровому вигляді. Рівняння стану регулятора та побудова структурних схем з об'єктами керування.</p> <p>Література: [1, 8]</p>

8	<p>Назва теми лекції: Реалізація нелінійних елементів різних типів</p> <p>Перелік основних питань: Побудова структурних схем алгоритмів елементів "релейного" типу та "петлі Гістерезисну". Реалізація операції диференціювання. Математичні залежності та структурна схема. Використання середовища MATLAB для інтерактивного моделювання нелінійних елементів</p> <p>Література: [7, 8].</p>
9	<p>Назва теми лекції: Побудова структурних схем в просторі станів</p> <p>Перелік основних питань: Метод простору станів, змінні стану. Пряме, послідовне, паралельне та змішане (комбіноване) програмування. Отримання аналітичних виразів та створення відповідних алгоритмів математичних моделей</p> <p>Література: [2, 6].</p>
10	<p>Назва теми лекції: Апроксимація функцій</p> <p>Перелік основних питань: Поняття наближаючої функції. Задача інтерполювання та апроксимації функції. Методи апроксимації. Ступінчаста апроксимація, Ступінчаста з упередженням апроксимація. Кусково-лінійна апроксимація. Чисельне інтегрування диференціальних рівнянь</p> <p>Література: [3, 4]</p>
11	<p>Назва теми лекції: Чисельно-аналітичний метод комп'ютерного моделювання</p> <p>Перелік основних питань: Залежність якості процесу від вибору періоду дискретизації (шагу інтегрування). Отримання математичних залежностей для систем з нескінченним ланцюгом інтеграторів. Побудова структурної схеми та алгоритму комп'ютерного моделювання нелінійної системи чисельно-аналітичним методом</p> <p>Література: [4, 6].</p>
12	<p>Назва теми лекції: Дискретна апроксимація лінійних функцій</p> <p>Перелік основних питань: Метод Z-перетворення. Дискретне перетворення Лапласу. Основні математичні залежності. Оператори дискретного інтегрування. Дискретна апроксимація лінійних функцій. Ступінчаста, ступінчаста з упередженням та Кусково-лінійна апроксимація.</p> <p>Література: [2, 6].</p>
13	<p>Назва теми лекції: Комп'ютерне моделювання за допомогою Z-перетворення</p> <p>Перелік основних питань: Перехід від безперервної системи до дискретної. Декомпозиція дискретних систем. Метод Z-форм. Стійкість цифрових систем. Побудова структурної схеми та алгоритму комп'ютерного моделювання нелінійної системи за допомогою Z-перетворення</p> <p>Література: [5, 6].</p>
14	<p>Назва теми лекції: Аналіз механічних ланок пружних систем</p> <p>Перелік основних питань: Реалізація механічних ланок. Інерційна механічна ланка. Пружний зв'язок. Амортизатор. Зона нечутливості (люфт). Отримання аналітичних залежностей та передавальних функцій</p> <p>Література: [5, 8].</p>
15	<p>Назва теми лекції: Методи побудови моделей пружних систем</p> <p>Перелік основних питань: Чисельно-аналітичний метод побудови моделей та методи Z-перетворення систем з пружними зв'язками</p> <p>Література: [5, 8].</p>
16	<p>Назва теми лекції: Математичні моделі електромеханічних систем</p> <p>Перелік основних питань: Математичні моделі електромеханічних систем з пружним зв'язком, демпфером і люфтом. Отримання математичних залежностей</p>

	та диференціальних рівнянь. Побудова структурних схем алгоритму комп'ютерного моделювання Література: [2, 3].
17	Назва теми лекції: Багатомасові електромеханічні системи Перелік основних питань: Математичний опис та моделювання багатомасових пружних електромеханічних систем з електродвигуном постійного струму незалежного збудження. Диференціальні рівняння системи, структурні схеми. Побудова систем з переходом від обертального до поступового руху Література: [4, 8].
18	Назва теми лекції: Моделювання розгалужених електромеханічних систем Перелік основних питань: Математичне моделювання розгалужених електромеханічних систем та систем двохдвигунного електроприводу, який працює на загальне навантаження. Побудова структурних схем, алгоритмів комп'ютерного моделювання Література: [2, 5].

Практичні заняття

Основним завданням циклу практичних занять є закріплення теоретичних положень дисципліни і набуття умінь їх практичного застосування шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Назва теми заняття: Базові поняття та методика комп'ютерного моделювання Перелік основних питань: Розгляд основних понять курсу. Об'єкти моделювання, системи, процес, характеристики Література: [2, 8]
2	Назва теми заняття: Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем Перелік основних питань: Складання аналітичного опису, диференціальних рівнянь та структурних схем гідравлічного приводу Література: [1, 6]
3	Назва теми заняття: Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем Перелік основних питань: Складання аналітичного опису, диференціальних рівнянь та структурних схем різних технічних електродвигуна постійного струму Література: [1, 6]
4	Назва теми заняття: Алгоритми автоматичного керування Перелік основних питань: Складання та розв'язок рівнянь динамічних ланок в операторній формі при різних початкових умовах Література: [3, 6]
5	Назва теми заняття: Регулятори та нелінійні елементи Перелік основних питань: Побудова та перетворення структурних схем лінійних та нелінійних систем. Застосування прямого та послідовного програмування Література: [4, 7]
6	Назва теми заняття: Чисельно-аналітичні методи моделювання Перелік основних питань: Складання структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання лінійної динамічної системи чисельно-аналітичним методом

	Література: [2, 8].
7	Назва теми заняття: Методи дискретного Z-перетворення Перелік основних питань: Побудова структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання нелінійної динамічної системи різними методами Z-перетворення Література: [5, 6].
8	Назва теми заняття: Реалізація основних ланок пружних систем Перелік основних питань: Побудова структурної схеми алгоритму функціонування цифрової моделі ЕМС з пружними зв'язками методом Z-перетворення Література: [3, 5]
9	Назва теми заняття: Моделювання складних багатомасових ЕМС Перелік основних питань: Складання математичного опису моделей багатомасових пружних систем та їх перетворення Література: [7,8]

Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)

Основним завданням циклу лабораторних занять є проведення імітаційних експериментів на комп'ютері з метою формування умінь та навичок практичного підтвердження окремих теоретичних положень, оволодіння методикою експериментальних досліджень та обробки отриманих даних.

Завдання комп'ютерного практикуму 1 (розділ 1)

Вирішення диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах чисельно-аналітичним методом.

Порядок виконання завдання:

1. Представити диференціальне рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною в нормальній формі Коші при ненульових початкових умовах.
2. Скласти структурну схему, яка відповідає диференціальному рівнянню в безперервному просторі станів.
3. Замінити безперервну математичну модель досліджуваної системи дискретною за допомогою заданої апроксимації інтеграторів.
4. Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі чисельно-аналітичним методом, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати.
5. Синтезувати SIMULINK-модель безперервної системи диференціального рівняння в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.

Завдання комп'ютерного практикуму 2 (розділ 2)

Вирішення диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах за допомогою Z-перетворення.

Порядок виконання завдання:

1. Представити диференціальне рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною в операторній формі з урахуванням початкових умов.

2. Замінити безперервну модель досліджуваної системи дискретною з використанням Z -перетворення та скласти відповідну структурну схему в дискретному просторі станів.
3. Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі за допомогою Z -перетворення, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати.
4. Синтезувати SIMULINK-модель дискретної системи диференціального рівняння в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.

Завдання комп'ютерного практикуму 3 (розділ 3)

Дослідження лінійної динамічної системи другого порядку при ненульових початкових умовах з використанням Z -перетворення методом прямого програмування.

Порядок виконання завдання:

1. Скласти структурну схему лінійної динамічної системи другого порядку та визначити загальну передавальну функцію.
2. Скласти диференціальне рівняння в операторній формі з урахуванням початкових умов, та представити його структурною схемою в безперервному просторі станів.
3. Замінити безперервну модель лінійної системи дискретною з використанням Z -перетворення та скласти відповідну структурну схему в дискретному просторі станів.
4. Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі лінійної динамічної системи, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати.
5. Синтезувати SIMULINK-модель лінійної динамічної системи в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.

Завдання комп'ютерного практикуму 4 (розділ 4)

Дослідження нелінійної динамічної системи без урахування початкових умов з використанням Z -перетворення методом послідовного програмування.

Порядок виконання завдання:

1. Визначити передавальні функції лінійних ланок та скласти структурну схему нелінійної динамічної системи.
2. Замінити безперервну модель нелінійної системи дискретною з використанням Z -перетворення та скласти відповідну структурну схему в дискретному просторі станів.
3. Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі нелінійної динамічної системи, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати.
4. Синтезувати SIMULINK-модель нелінійної динамічної системи в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.

5. їСамостійна робота студента/аспіранта

Тиждень	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Література	Кількість годин СРС
1-2	Тема 1.1. Базові поняття та методика комп'ютерного моделювання	[1], с. 25-40	
3-4	Тема 1.2. Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем	[3], с. 125-140	1
5-6	Тема 2.1. Алгоритми автоматичного керування	[4], с. 84-98	1
7-8	Тема 2.2. Регулятори та нелінійні елементи	[2], с. 16-55	1

9-10	Тема 3.1. Чисельно-аналітичні методи моделювання	[1], с. 335-350	1
11-12	Тема 3.2. Методи дискретного Z-перетворення	[6], с. 128-135	1
13-14	Тема 4.1. Реалізація основних ланок пружних систем	[5], с. 56-70	1
15-18	Тема 4.2. Моделювання складних багатомасових ЕТС	[4], с. 36-66	

В якості індивідуального семестрового завдання, згідно навчального плану, студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР)

ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

Розв'язання диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах.

Порядок виконання завдання:

1. Представити диференціальне рівняння в операторній формі з урахуванням початкових умов та скласти узагальнену структурну схему в безперервному просторі станів.
2. Представити передавальні функції системи в інтегральному вигляді та скласти деталізовану структурну схему диференціального рівняння в безперервному просторі станів.
3. Замінити безперервну модель досліджуваної системи дискретною з використанням заданої апроксимації інтеграторів та скласти структурну схему алгоритму комп'ютерного моделювання чисельно-аналітичним методом.
4. Скласти програму та отримати графічні результати розв'язку заданого диференціального рівняння чисельно-аналітичним методом.
5. Синтезувати SIMULINK-модель безперервної системи диференціального рівняння в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.
6. Замінити безперервну модель досліджуваної системи дискретною з використанням Z-перетворення та скласти відповідну структурну схему в дискретному просторі станів.
7. Скласти структурну схему алгоритму комп'ютерного моделювання досліджуваної системи з використанням Z-перетворення.
8. Скласти програму та отримати графічні результати розв'язку заданого диференціального рівняння з використанням Z-перетворення.
9. Синтезувати SIMULINK-модель дискретної системи диференціального рівняння в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» заснована на корпоративній політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і добросовісність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» потребує: підготовки до практичних занять; виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у практичних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття вмінь та навичок працювати з системами комп'ютерної математики. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- дві відповіді на 9 практичних заняттях (із розрахунку, що на кожному практичному занятті у середньому оцінюються 5 студентів (при чисельності групи 20 осіб – $9 \times 5 / 20 \approx 2$ відп.);
- виконання та захист 4 завдань комп'ютерного практикуму на 9 лабораторних заняттях;
- дві контрольні роботи (одна модульна контрольна робота поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по одній академічній годині);
- виконання розрахунково-графічної роботи;

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює: 4 бали \times 2 відп. = 8 балів.

Критерії оцінки відповіді на практичних заняттях	бали
Повна вичерпна відповідь	4
Правильна відповідь з деякими недоліками	3
Неповна відповідь із суттєвими недоліками	2
Досить слабка, або не вірна відповідь	0

2.2. Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум)

Ваговий бал – 6. Максимальна кількість балів за 4 завдання комп'ютерного практикуму дорівнює: 6 балів \times 4 завд. = 24 балів

Критерії оцінки виконання завдань комп'ютерного практикуму	бали
Повне вичерпне виконання («відмінно», не менше 90 %)	5...6
Повне виконання з деякими недоліками («добре», не менше 75 %)	3...4
Неповне виконання із суттєвими недоліками («задовільно», не менше 60 %)	1...2
Досить слабе, або не вірне виконання («незадовільно», менше 60 %)	0

2.3. Модульний контроль

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за 2 одноденні модульні контрольні роботи (МКР) дорівнює: 4 бали \times 2 МКР = 8 балів.

Критерії оцінки виконання МКР	бали
повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)	4
достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями	3
неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки	2
незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно»)	0

2.4. Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів за всі критерії виконання і захисту РГР дорівнює 10 балів

Критерії оцінки виконання і захисту РГР	бали
виконано всі вимоги до роботи	9...10
виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки	7...8
є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки	6
робота не відповідає встановленим вимогам	0...5

Штрафні та заохочувальні бали (не більше 10 балів)

Критерії нарахування штрафних та (або) заохочувальних балів	бали
недопуск до лабораторної роботи у зв'язку з незадовільним вхідним контролем	- 1
відсутність на лабораторному занятті без поважної причини	- 2
несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) захист завдань комп'ютерного практикуму	- 2
заохочувальні бали (за творчі досягнення з навчальної дисципліни: олімпіада з дисципліни, модернізація лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів тощо)	+ 1...10

Розмір шкали рейтингу: $R = R_C + R_E = 50 + 50 = 100$ балів.

Розмір стартової шкали: $R_C = 8 + 24 + 8 + 10 = 50$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали: $R_E = 50$ балів (50 % від R).

Максимальна сума вагових балів всіх контрольних заходів протягом семестру складає $R_S = 8 + 24 + 8 + 10 + 50 = 100$ балів.

3. За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 25 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 12 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 50 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 25 балів.

4. Умови допуску до екзамену: виконання всіх завдань комп'ютерного практикуму та РГР, а також попередня рейтингова оцінка з кредитного модуля має бути $r_C \geq 25$ балів (не менше 50 % від R_C).

5. Завдання екзаменаційної роботи виконується письмово і складається з одного теоретичного запитання та однієї практичної задачі. Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Теоретичне питання оцінюється у 10 балів, а задача – 20 балів.

Система оцінювання теоретичного питання	бали
«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	9...10
«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	7...8
«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)	6
«незадовільно», незадовільна відповідь	0...5

Система оцінювання практичних запитань (задачі)	бали
«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання	18...20
«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями	15...17
«задовільно», завдання виконане з певними недоліками	12...14
«незадовільно», завдання не виконано	0...11

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Рейтингові бали	Оцінка за університетською шкалою
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
Менше 60	незадовільно
Невиконання умов допуску до екзамену	не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В якості семестрового контролю, згідно навчального плану, студенти складають іспит

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КУРСУ:

1. Сформулювати основні терміни та визначення понять моделювання електротехнічних систем. Побудувати загальну структуру ЕТС.
2. Сформулювати векторно-матричну модель ЕТС.
3. Вивести диференціальне рівняння та скласти структурну схему системи гідравлічного приводу.
4. Вивести диференціальне рівняння та скласти структурну схему системи електродвигуна постійного струму незалежного збудження.
5. Вивести диференціальне рівняння пружної механічної системи.
6. Вивести диференціальне рівняння електричного кола.
7. Здійснити реалізацію математичних моделей електротехнічних систем та основних ланок аналогового моделювання.
8. Сформулювати регульовані алгоритми управління: пропорційне, інтегральне, пропорційно-інтегральне та диференціальне регулювання.
9. Сформулювати регульовані алгоритми управління: пропорційно-інтегрально-диференціальне регулювання. Реалізувати суматор.
10. Реалізувати регулятори в середовищі MATLAB.
11. Реалізувати нелінійні елементи в середовищі MATLAB.
12. Реалізувати операцію диференціювання.

13. Сформулювати основні поняття чисельного інтегрування: перетворення Лапласа та його властивості.
14. Сформулювати основні поняття чисельного інтегрування: ступінчаста та ступінчаста з упередженням апроксимація функцій.
15. Сформулювати основні поняття чисельного інтегрування: кусково-лінійна апроксимація функцій.
16. Сформулювати метод простору станів. Побудувати структурну схему.
17. Сформулювати методи моделювання систем: чисельно-аналітичний метод.
18. Сформулювати методи моделювання систем: метод Z-перетворення.
19. Побудувати структурну схему у просторі станів за допомогою прямого програмування.
20. Побудувати структурну схему у просторі станів за допомогою послідовного програмування.
21. Побудувати структурну схем у просторі станів за допомогою паралельного програмування.
22. Сформулювати сутність моделювання складних електротехнічних систем: реалізація маси та демпферу.
23. Сформулювати сутність моделювання складних електротехнічних систем: реалізація пружності та люфту.
24. Побудувати структурну схему в просторі станів для пружної механічної системи.
25. Виконати моделювання пружної системи із двох мас з пружним зв'язком та демпфером.
26. Виконати моделювання пружної системи із двох мас з пружним зв'язком, демпфером та люфтом.
27. Виконати моделювання механічної системи з електродвигуном.
28. Побудувати структурну схему для систем з поступальним рухом.
29. Виконати моделювання розгалуженої електротехнічної системи.
30. Виконати моделювання пружної системи двохдвигунного електроприводу працюючого на загальне навантаження.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри АЕМК, к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович

Ухвалено: кафедрою АУЕК (протокол № 17 від 17.06.20 р.)

Погоджено: Методичною комісією факультету (протокол № 8 від 23.06.20 р.)