Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ТА МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*14 Електрична інженерія*
Спеціальність	*141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*
Освітня програма	*Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*Очна (денна)/заочна/дистанційна/*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*4,5 кредита / 135 годин (18 лекцій, 18 практичних, 18 лабораторних, 81 СРС)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Іспит*
Розклад занять	*http://roz.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	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: *доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net; тел. +38-067-907-91-19 (10:00 – 17:00)*
Розміщення курсу	Доступний на платформі «Сікорський».

Програма навчальної дисципліни

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

Однією з важливих проблем інжинірингу є розроблення методів дослідження сучасних електротехнічних систем та на їх основі створення автоматизованих комплексів і систем керування ними. Під час розв'язання цих задач велике значення приділяється *моделюванню*. У загальному випадку процес *моделювання* може бути представлений як вивчення деяких фізичних процесів у вигляді взаємопов'язаних етапів, кожен з яких виконує певні дії, спрямовані на побудову і подальше використання інформаційно-логічних моделей систем. Характерною особливістю даного процесу є його циклічний або інтерактивний характер, який відображає сучасні вимоги до аналізу та синтезу складних систем автоматичного керування.

Мета вивчення дисципліни – формування у студента теоретичних і практичних знань побудови моделей електромеханічних систем різної складності та створення ефективних алгоритмів управління для їх дослідження на практиці.

Компетентності: (К11) здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (К19) Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; (К22) 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; (К25) Здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування, системного аналізу та числових методів для розроблення математичних

моделей електротехнічних та мехатронних комплексів, аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій;

Програмні результати навчання: (ПР06) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР08) обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; (ПР17) Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж; (ПРН22) Створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів електротехнічних та мехатронних систем та проводити їх дослідження на сучасному обладнанні з сучасним програмним забезпеченням.

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

Навчальна дисципліна «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки» «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», «Обчислювальна техніка та програмування» тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем», є необхідними для кожного фахівця електротехнічного профілю, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки та при вивченні таких дисциплін: «Електропривод», «Автоматизований електропривод машин і установок», «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до дисципліни "Моделювання ЕТС"

Тема 1.1. Базові поняття та методика комп'ютерного моделювання

Тема 1.2. Синтез та аналіз математичних моделей фізичних систем

Розділ 2. Реалізація математичних моделей

Тема 2.1. Алгоритми автоматичного керування

Тема 2.2. Регулятори та нелінійні елементи

Розділ 3. Аналітичні методи моделювання процесів і систем

Тема 3.1. Чисельно-аналітичні методи моделювання

Тема 3.2. Методи дискретного Z-перетворення

Розділ 4. Моделювання складних ЕТС

Тема 4.1. Реалізація основних ланок пружних систем

Тема 4.2. Моделювання складних багатомасових ЕТС

4. 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. 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.

Допоміжна

4. 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.

5. Козбур І.Р. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп’ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с. http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056

6. Щокін В.П. Моделювання електромеханічних систем : навчальний посібник / В.П. Щокін [та ін.]. - Київ : Кондор, 2018. - 203 с.

7. Modeling of electrical and mechatronic systems. Educational edition [Electronic resource] : tutorial for bachelor's degree programs for an educational program "Engineering of Intelligent Electrotechnical and Mechatronic Complexes" / O. V. Danilin, A. V. Bosak, V. O. Bronytskyi, L. V. Toropova ; Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute. – Electronic text data (1 file: 1,27 MB). – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. – 55 p. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47291

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов’язковою для прочитання є базова література [1]-[3]. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться студент –суб’єкт навчання. Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням. Викладання проводиться у формі лекцій, лабораторних та практичних занять. При виконанні розрахункової роботи використовується проблемно-пошуковий метод, робота з літературою.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	**Назва теми лекції:** Вступ до дисципліни **Перелік основних питань:** Математичне моделювання електротехнічних систем (ЕТС). Основні поняття та визначення. Математичне та фізичне моделювання. Поняття об’єкта, системи, процесу, характеристики та параметрів. Аналогове та цифрове моделювання. **Література:** [2, 4]
2	**Назва теми лекції:** Імітаційне, об’єктно-орієнтоване моделювання **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" **Література:** [1, 7]
3	**Назва теми лекції:** Побудова математичних моделей технічних систем **Перелік основних питань:** Гідравлічний привод та електродвигун постійного струму незалежного збудження. Отримання диференціальних рівнянь систем, структурних схем та передавальних функцій.

	Література: [1, 6]
4	**Назва теми лекції:** Структурні схеми та дослідження технічних систем **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 **Модульна контрольна 1** **Література:** [2, 6]
5	**Назва теми лекції:** Аналогове та цифрове моделювання **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 **Література:** [1, 7].
6	**Назва теми лекції:** Основні алгоритми автоматичного регулювання **Перелік основних питань:** Пропорційне, пропорційно-інтегральне та диференціальне регулювання. Основні математичні залежності та передавальні функції відповідних ланок. Передавальна функція операційного підсилювача. **Література:** [2, 7].
7	**Назва теми лекції:** ПІД-регулятор в системах автоматичного регулювання **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. **Література:** [1, 4]
8	**Назва теми лекції:** Реалізація нелінійних елементів різних типів **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 **Література:** [2, 3].
9	**Назва теми лекції:** Побудова структурних схем в просторі станів **Перелік основних питань:** Метод простору станів, змінні стану. Пряме, послідовне, паралельне та змішане (комбіноване) програмування. Отримання аналітичних виразів та створення відповідних алгоритмів математичних моделей **Модульна контрольна 2** **Література:** [2, 6].

Практичні заняття

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

№ з/п	Назва теми практичних занять та перелік основних питань (посилання на літературу)
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, 5]
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, 5]
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, 7]
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, 4].
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, 7].
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:** [2, 6]

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.

№ з/п	Назва теми лабораторних занять (комп'ютерного практикуму) та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	**Назва теми заняття:** Вирішення диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах чисельно-аналітичним методом **Перелік основних питань:** Скласти структурну схему алгоритму функціонування

	цифрової моделі чисельно-аналітичним методом, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати. **Література:** [2, 5]
2	**Назва теми заняття:** Вирішення диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах чисельно-аналітичним методом **Перелік основних питань:** Синтезувати SIMULINK-модель безперервної системи диференціального рівняння в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання **Література:** [1, 5]
3	**Назва теми заняття:** Вирішення диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах за допомогою Z-перетворення **Перелік основних питань:** Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі за допомогою Z-перетворення, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати **Література:** [1, 7]
4	**Назва теми заняття:** Вирішення диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах за допомогою Z-перетворення **Перелік основних питань:** Синтезувати SIMULINK-модель дискретної системи диференціального рівняння в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання **Література:** [3, 6]
5	**Назва теми заняття:** Дослідження лінійної динамічної системи другого порядку при ненульових початкових умовах з використанням Z-перетворення методом прямого програмування **Перелік основних питань:** Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі лінійної динамічної системи, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати **Література:** [4, 7]
6	**Назва теми заняття:** Дослідження лінійної динамічної системи другого порядку при ненульових початкових умовах з використанням Z-перетворення методом прямого програмування **Перелік основних питань:** Синтезувати SIMULINK-модель лінійної динамічної системи в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання **Література:** [2, 4].
7	**Назва теми заняття** Дослідження нелінійної динамічної системи без урахування початкових умов з використанням Z-перетворення методом послідовного програмування **Перелік основних питань:** Замінити безперервну модель нелінійної системи дискретною з використанням Z-перетворення та скласти відповідну структурну схему в дискретному просторі станів **Література:** [5, 7].
8	**Назва теми заняття:** Дослідження нелінійної динамічної системи без урахування початкових умов з використанням Z-перетворення методом послідовного програмування **Перелік основних питань:** Скласти структурну схему алгоритму функціонування цифрової моделі нелінійної динамічної системи, програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати

	Література: [3, 5]
9	**Назва теми заняття:** Дослідження нелінійної динамічної системи без урахування початкових умов з використанням Z-перетворення методом послідовного програмування **Перелік основних питань:** Синтезувати SIMULINK-модель нелінійної динамічної системи в середовищі MATLAB та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання **Література:** [2, 6]

6. їСамостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студент згідно навчального плану а передбачає 81 годину:
підготовку до аудиторних занять – 35 год;
підготовку до модульної контрольної роботи – 6 год;
виконання РГР – 10 год;
підготовку до екзамену – 30 год.

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

Завдання на розрахунково-графічну роботу

Завдання 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 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 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 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.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

1. Рейтинг студента з дисципліни 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 × 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 × 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 слабке, або не вірне виконання («незадовільно», менше 60 %)	0

2.3. Модульний контроль

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за 2 одногодинні модульні контрольні роботи (МКР) дорівнює: 4 бали × 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

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 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 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 одної 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

9. 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 та мехатронних 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 АЕМК (протокол № 23 від 14.06.2022 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 12 від 24.06.2022 р.)