



ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

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>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>255 годин / 8,5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор1: к.т.н., доц. Приймак Богдан Іванович, 0681213423 Лектор2: д.т.н., проф. Толочко Ольга Іванівна, 0994945473 Практичні: к.т.н., доц. Приймак Богдан Іванович Лабораторні: д.т.н., проф. Толочко Ольга Іванівна</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NTE1NzU1OTQwMDE4?cjc=jpw7sru</i>

Програма навчальної дисципліни (кредитного модуля)

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

Програму кредитного модуля "Теорія автоматичного керування-1" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 141 – "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних здатностей: застосовувати методи лінеаризації для отримання лінеаризованих математичних моделей нелінійних об'єктів керування; використовувати передатні функції та рівняння простору стану для математичного описання ланок та систем; застосовувати кореневі, алгебричні та частотні методи для дослідження стійкості лінійних автоматичних систем; аналізувати перехідні та усталені процеси для визначення якості функціонування САК; здійснювати синтез

регуляторів та коригувальних пристроїв для отримання необхідних властивостей замкнених САК.

Предмет навчальної дисципліни – принципи та методи побудови, розрахунку і дослідження лінійних неперервних систем автоматичного керування, що застосовуються для автоматизації об'єктів електромеханічної природи різноманітного призначення.

Компетентності та програмні результати навчання:

Компетентності: (K01) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K03) здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (K05) здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K06) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K07) здатність працювати в команді; (K14) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою пристроїв автоматичного керування; (K20) усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (K22) здатність використовувати математичні методи та методи теорії автоматичного керування при дослідженні лінійних та лінеаризованих систем, проводити аналіз показників якості, синтезувати П, ПД, ПІ, ПІД та інші регулятори, складати та аналізувати структурні схеми систем автоматичного керування; (K23) здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.

Знання: (ПР02) знати і розуміти теоретичні основи і принципи роботи пристроїв автоматичного керування, мати навички використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань; (ПР20) знати і розуміти принципи керування лінійними системами автоматичного керування; (ПР26) знати і розуміти закони перетворення структурних схем, типові закони керування, методи дослідження стійкості систем автоматичного керування.

Уміння: (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 систем із заданими показниками; (ПР10) знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПР11) вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань; (ПР18) самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням та прикладним програмним забезпеченням.

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

Вивченню кредитного модуля "Теорія автоматичного керування-1" передують базові дисципліни "Вища математика" та "Теоретична механіка". Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування", "Електропривод", "Автоматизований електропривод", "Керування електроприводами", "Електромеханічні системи типових технологічних застосувань".

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль складається з двох частин, які, відповідно, викладаються двома викладачами.

Частина I кредитного модуля структурно розділена на 4 розділи.

1. Системи автоматичного керування. Їх будова, принцип роботи, математичні моделі

Тема 1.1. Загальні поняття та терміни. Короткі історичні відомості.

Тема 1.2. Системи автоматичного керування. Їх види.

Тема 1.3. Математичні моделі динамічних систем.

Тема 1.4. Структурні схеми САК та їх перетворення.

Тема 1.5. Метод змінних стану. Опис САК у просторі стану.

Тема 1.6. Перехід між передатними функціями та рівняннями стану.

Тема 1.7. Керованість та спостережуваність САК. Канонічні форми рівнянь стану.

Тема 1.8. Розв'язання рівнянь стану. Структурні перетворення моделей САК.

Тема 1.9. Основні особливості та задачі ТАК. Лінеаризація математичних моделей.

2. Математичний опис лінійних неперервних систем автоматичного керування

Тема 2.1. Типові ланки САК, їх опис та часові характеристики.

Тема 2.2. Частотні характеристики САК.

Тема 2.3. Частотні та логарифмічні частотні характеристики типових ланок САК.

Тема 2.4. Частотні характеристики груп ланок. Особливості немінімально-фазових ланок.

Тема 2.5. Рівняння динаміки, передатні функції та АФХ стабілізаційних, програмних і стежних систем.

3. Стійкість лінійних неперервних систем автоматичного керування

Тема 3.1. Поняття стійкості САК.

Тема 3.2. Дослідження стійкості за коренями характеристичного рівняння.

Тема 3.3. Алгебричні критерії стійкості.

Тема 3.4. Частотний критерій стійкості Найквіста.

Тема 3.5. Критерій Найквіста у логарифмічній формі. Структурно-нестійкі системи.

4. Якість систем автоматичного керування. Оцінювання та поліпшення якості

Тема 4.1. Показники якості функціонування САК. Прямий метод аналізу якості.

Тема 4.2. Наближені методи аналізу якості САК. Кореневі методи.

Тема 4.3. Метод кореневого годографа. Інтегральні та частотні методи дослідження якості.

Тема 4.4. Помилки в САК. Типові режими роботи та якість систем.

Тема 4.5. Поліпшення показників якості САК.

Тема 4.6. Точність САК в усталених динамічних режимах роботи.

Тема 4.7. Синтез САК методом логарифмічних амплітудних частотних характеристик.

Частина II кредитного модуля має 1 розділ.

1. Математичні методи та програмування в MATLAB для теорії керування

Тема 1.1. Основи роботи в MATLAB.

Тема 1.2. Операції з матрицями та векторами.

Тема 1.3. Графічні засоби пакету MATLAB.

Тема 1.4. Основи програмування в середовищі MATLAB.

Тема 1.5. Застосування символьних операцій для виконання структурних перетворень.

Тема 1.6. Операції лінійної алгебри.

Тема 1.7. Операції зі степеневими поліномами.

Тема 1.8. Основи математичного моделювання в середовищі Simulink.

Тема 1.9. Аналіз лінійних динамічних систем в середовищі MATLAB.

Тема 1.10. Апроксимація та інтерполювання в MATLAB.

Тема 1.11. Чисельне інтегрування.

Тема 1.12. Тригонометрична апроксимація періодичних функцій в MATLAB.

Тема 1.13. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь.

Тема 1.14. Синтез систем модального керування в MATLAB.

Тема 1.15. Числове розв'язання трансцендентних та алгебраїчних рівнянь в MATLAB.

Тема 1.16. Числове розв'язання систем нелінійних рівнянь в MATLAB.

Тема 1.17. Чисельне розв'язання оптимізаційних задач.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси для частини I кредитного модуля:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
2. Теорія автоматичного керування : Частина I : Курс лекцій / Уклад. М.Г. Попович, Б.І. Приймак. – К.: НТУУ "КПІ", 2010. – 182 с. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/770>
3. Теорія автоматичного керування : Частина II : Курс лекцій / Уклад. М.Г. Попович, Б.І. Приймак. – К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 165 с. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2209>
4. Теорія автоматичного керування : метод. Вказівки до практичних занять з дисципліни / Уклад. Б.І. Приймак. – К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 71 с. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2208>
5. Теорія автоматичного керування : метод. Вказівки до курсової роботи з дисципліни / НТУУ «КПІ» ; уклад. М. Г. Попович, О. В. Ковальчук, С. М. Пересада, Б. І. Приймак. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 71 с. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2706>

Додаткові інформаційні ресурси для частини I кредитного модуля:

6. Ogata K. Modern control engineering, Prentice-Hall, 2010, 905 p.
7. Phillips C., Harbor R. Feedback control systems, Prentice-Hall, 2000, 658 p.

Основні інформаційні ресурси для частини II кредитного модуля:

1. Толочко О.І. Математичні методи в електромеханіці [Електронний ресурс]: навч. Посіб. Для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 212 с.

2. Математичні методи в електромеханіці та теорії керування. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” спеціалізації “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” Укл.: О.І.Толочко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 81 с.
3. Гаєв Є.О., Нестеренко Б.М. Універсальний математичний пакет MATLAB і типові задачі обчислювальної математики. Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2004. – 176 с.
4. Лазарев Ю.Ф. MatLab 5.x. – К.: Видавнича група ВНУ, 2000. – 384 с.

Додаткові інформаційні ресурси для частини II кредитного модуля:

5. Задачин В.М., Конюшенко І.Г. Чисельні методи. Навчальний посібник. – Харків. Вид. ХНЕУ ім. С.Кузнеця, 2014. – 180 с.
6. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О. А. Чисельні методи в інформатиці. – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с.
7. MATLAB, Simulink, Simpowersystem. Основи програмування [Електронний ресурс]: навч. Посіб. Для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з дисципліни «Пакети прикладних програм, ч. I», спеціалізація «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» / О. І. Толочко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 226 с.
8. Навчальний посібник з дисципліни «Моделювання та аналіз електромеханічних систем в MATLAB» / О. І. Толочко. – Київ, 2017. – 275 с.
9. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв’язування задач електромеханіки в середовищі пакетів MathCAD і MATLAB: навч. Посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000 – 166 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття у частині I кредитного модуля

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Загальні поняття та терміни. Короткі історичні відомості. Основні визначення. Автоматика та автоматизація. Коротка історія розвитку автоматики. Загальні відомості про кібернетику. Література [1], [2], [4].
2	Системи автоматичного керування. Їх види. Система автоматичного керування та її елементи. САК зі зворотним зв’язком. Функціональна схема. Принципи автоматичного керування. Основні види САК. Література [1], [2], [4].
3	Математичні моделі динамічних систем. Моделі на основі диференційних рівнянь. Опис систем за допомогою передатних функцій. Операторна форма диференційних рівнянь. Приклади. Література [1], [4].

4	Структурні схеми САК та їх перетворення. Правила перетворення структур. Приклади спрощення структурних схем. Передатні функції САК за зовнішніми діями. Література [1], [4].
5	Метод змінних стану. Опис САК у просторі стану. Загальне поняття про метод змінних стану. Рівняння стану динамічних систем. Література [1], [2].
6	Перехід між передатними функціями та рівняннями стану. Отримання рівнянь стану за передатними функціями та структурними схемами. Визначення передатних функції за рівняннями стану. Література [1], [2].
7	Керованість та спостережуваність САК. Канонічні форми рівнянь стану. Керованість та спостережуваність лінійних систем. Перетворення подібності та канонічні форми рівнянь стану. Література [1], [2].
8	Розв'язання рівнянь стану. Структурні перетворення моделей САК. Методи розв'язання рівнянь стану. Структурні перетворення моделей САК у просторі стану. Література [1], [2], [3].
9	Основні особливості та задачі ТАК. Лінеаризація математичних моделей. Статика та динаміка САК. Складання рівнянь динаміки та форми їх запису. Лінеаризація математичних моделей в ТАК. Приклади. Література [1], [2], [4].
10	Типові ланки САК, їх опис та часові характеристики. Особливості рівнянь динаміки ланок САК. Типові ланки, їх опис і динамічні властивості. Література [1], [2], [4].
11	Типові ланки, їх опис і динамічні властивості (продовження). Література [1], [2], [4].
12	Частотні характеристики САК. Амплітудно-фазові частотні характеристики. Експериментальний метод побудови АФХ. Логарифмічні частотні характеристики. Література [1], [3].
13	Частотні та логарифмічні частотні характеристики типових ланок САК. Література [1], [2], [4].
14	Частотні характеристики груп ланок. Особливості немінімально-фазових ланок. Частотні характеристики різних з'єднань ланок. Побудова логарифмічних характеристик групи ланок. Мінімально-фазові та немінімально-фазові ланки. Література [1], [2], [4].
15	Рівняння динаміки, передатні функції та АФХ стабілізаційних, програмних і стежних систем. Рівняння динаміки, передатні функції та АФХ програмних і стежних систем. Рівняння динаміки, передатні функції та АФХ систем стабілізації. Література [1], [2], [4].
16	Поняття стійкості САК. Загальне поняття стійкості системи. Теорема Ляпунова. Література [1], [2], [5].
17	Дослідження стійкості за коренями характеристичного рівняння. Аналіз стійкості за коренями характеристичного рівняння. Межа та запас стійкості. Література [1], [2], [5].
18	Алгебричні критерії стійкості. Критерій стійкості Рауса-Гурвіца. Критерій стійкості Лъснара-Шіпара. Загальна методика дослідження впливу параметрів на стійкість системи за алгебричними критеріями. Література [1], [5].

19	Частотний критерій стійкості Найквіста. Особливості критерію Найквіста. Доведення критерію. Визначення запасу стійкості за критерієм Найквіста. Література [1], [2], [5].
20	Критерій Найквіста у логарифмічній формі. Структурно-нестійкі системи. Критерій Найквіста у логарифмічній формі. Особливості структурно-нестійких САК. Способи усунення структурної нестійкості. Література [1], [5].
21	Показники якості функціонування САК. Прямий метод аналізу якості. Показники точності, статизм системи. Показники якості перехідних процесів. Аналізу якості шляхом розв'язання рівняння динаміки замкненої системи. Література [1], [2], [5].
22	Наближені методи аналізу якості САК. Кореневі методи. Дослідження якості за розташуванням коренів. Аналіз якості САК за діаграмами зон параметрів. Оцінювання показників якості САК за полюсами і нулями передатної функції. Література [1], [5].
23	Метод кореневого годографа. Інтегральні та частотні методи дослідження якості. Метод кореневого годографа. Інтегральні методи оцінювання якості. Аналіз якості САК у частотній області. Література [1], [2], [5].
24	Помилки в САК. Типові режими роботи та якість систем. Статичні та динамічні помилки САК. Типові режими роботи автоматичних систем. Аналіз якості САК методом коефіцієнтів помилок. Література [1], [5].
25	Поліпшення показників якості САК. Основні шляхи підвищення точності САК. Покращення якості шляхом замикання САК. Базові закони керування та регулятори. Ускладнені закони керування та регулятори. Література [1], [2], [5].
26	Точність САК в усталених динамічних режимах роботи. Режим зміни зовнішньої дії зі сталою швидкістю. Режим зміни зовнішньої дії зі сталим прискоренням. Література [1], [5].
27	Синтез САК методом логарифмічних амплітудних частотних характеристик. Принципи побудови бажаної ЛАХ. Спрощена побудова бажаної ЛАХ Синтез послідовної коригувальної ланки. Приклад. Література [1], [2], [3], [5].

Лекційні заняття у частині II кредитного модуля

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Вступ. Мета та задачі дисципліни; приклади задач в області електротехніки, механіки, електромеханіки та теорії керування, що потребують застосування чисельних методів. Характеристика програмного забезпечення, призначеного для розв'язання математичних та прикладних інженерно-технічних задач чисельними методами. Характеристика рекомендованих літературних джерел. Література: [1], с. 3-6, 17-19; [3], с. 9-22. Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт..

2	<p>Тема 1.1. Основи роботи в Матлаб. Характеристика пакету і його файлова система; типи даних, константи та перемінні; явне та неявне присвоєння; елементарні функції; демонстрації; організація допомоги; генерація векторів та матриць.</p> <p>Література: [1], с. 6-21; [4], с. 13-25.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</p>
3	<p>Тема 1.2. Операції з матрицями та векторами. Арифметичні операції; визначення розмірів; базові функції математичного аналізу над векторами та матрицями; маніпуляції над матрицями.</p> <p>Література: [1], с. 22-27; [4], с. 26-41.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</p>
4	<p>Тема 1.3. Графічні засоби пакету Матлаб. Правила побудови двовимірних графіків базовими операторами; оформлення підпису осей та графіків; керування стилями та кольорами зображення ліній та маркерів на графіках; керування системою координат; керування графічними вікнами; побудова графіків у полярних координатах; засоби спеціальної графіки; засоби 3-вимірної графіки.</p> <p>Література: [1], с. 28-40, 67-81; [4], с. 66-74, 100-105.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</p>
5	<p>Тема 1.4. Основи програмування в середовищі МАТЛАВ. Основні правила створення і виконання script-файлів; основні оператори; правила створення і виконання m-функцій.</p> <p>Література: [1], с. 51-66; [4], с. 75-79, 82-89.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</p>
6	<p>Тема 1.5. Операції лінійної алгебри. Методи розрахунку визначника матриці, розв'язання системи лінійних рівнянь, розрахунок приєднаної та оберненої матриць; розрахунок усталених режимів в електричних колах</p> <p>Література: [1], с. 82-98; [4], с. 50-57.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</p>
7	<p>Тема 1.6. Застосування символічних операцій для виконання структурних перетворень САК. Знайомство з інструментами папки Extended Symbolic Toolbox пакету MATLAB; опис символічних змінних; еквівалентні перетворення символічних виразів; виведення символічних виразів на екран; підстановка чисельних значень у символічні вирази.</p> <p>Література: [7], с. 226-230.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</p>
8	<p>Тема 1.7. Операції з поліномами. Поняття степеневого поліному; розрахунок значення степеневого поліному; вивід степеневого поліному; операції зі степеневими поліномами; розрахунок нулів степеневого поліному; визначення коефіцієнтів степеневого поліному за його нулями; застосування операцій над поліномами в теорії автоматичного керування.</p> <p>Література: [1], с. 99-110; [4], с. 43-45.</p>

	<i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</i>
9	<p>Тема 1.8. Основи математичного моделювання в середовищі Simulink. Знайомство з основними правилами створення структурних моделей в середовищі Simulink; знайомство з неперервними динамічними ланками, блоками формування ступінчатих та синусоїдальних сигналів, блоками фіксації та візуалізації результатів моделювання; визначення параметрів моделювання та властивостей моделей.</p> <p><i>Література: [1], с. 99-110; [4], с. 43-45.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</i></p>
10	<p>Тема 1.9. Аналіз лінійних динамічних систем в середовищі MATLAB. Визначення математичного опису САК за її структурною математичною моделлю. Розрахунок та побудова перехідних та вагових функцій та частотних характеристик і визначення властивостей лінійних динамічних САК за допомогою функцій додатку Control Toolbox пакету MATLAB. Форми представлення комплексних чисел; зображення комплексних чисел на площині в Декартових та полярних координатах; операції над комплексними числами; визначення нулів та полюсів з передавальної функції досліджуваного об'єкту та їх графічне відображення за допомогою базових графічних MATLAB-функцій та функцій додатку Control Toolbox.</p> <p><i>Література: [7], с. 226-230.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</i></p>
11	<p>Тема 1.10. Апроксимація та інтерполювання в Матлаб. загальні поняття про згладжування функцій; апроксимація степеневими поліномами методом найменших квадратів; глобальне та локальне інтерполювання степеневими поліномами; інтерполювання кубічними сплайнами.</p> <p><i>Література: [1], с. 111-126; [3], с. 58-60.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</i></p>
12	<p>Тема 1.11. Числове інтегрування. Загальні поняття про визначені інтеграли та їх розрахунок; методи прямокутників, трапецій, Сімпсона; оцінювання похибок чисельного інтегрування; вибір кроку інтегрування; методи чисельного інтегрування з автоматичним вибором кроку.</p> <p><i>Література: [1], с. 127-134; [3], с. 104-110.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.</i></p>
13	<p>Тема 1.12. Тригонометрична апроксимація періодичних функцій в MATLAB. Основні визначення; розкладення періодичних функцій в ряд Фур'є; визначення коефіцієнтів неперервного ряду Фур'є методом чисельного інтегрування; дискретне пряме та зворотне перетворення Фур'є; гармонійний склад розривних періодичних функцій; ефект Гібса.</p> <p><i>Література: [1], с. 135-144; [4], с. 61-65.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.</i></p>
14	<p>Тема 1.13. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. Огляд чисельних методів розв'язання диференціальних рівнянь; методи</p>

	<p><i>Рунге-Кутта; розв'язання диференціальних рівнянь з використанням алгоритмічної мови пакета MATLAB; приклади розрахунку перехідних процесів в електричних лінійних та нелінійних колах в пакеті MATLAB.</i></p> <p><i>Література: [1], с. 145-169; [3], с. 111-138.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.</i></p>
15	<p>Тема 1.14. Синтез систем модального керування в MATLAB. <i>Формування стандартних характеристичних поліномів; визначення коефіцієнтів модального регулятора; скалярна та векторно-матрична моделі системи модального керування. Перевірка синтезованої системи на відповідність заданим критеріям якості.</i></p> <p><i>Література: [7], с. 226-230.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт</i></p>
16	<p>Тема 1.15. Числове розв'язання трансцендентних та алгебраїчних рівнянь в Матлаб, до якої увійшли питання: <i>відділення коренів рівнянь; уточнення коренів методами бісекцій, хорд, дотичних, простих ітерацій; застосування функцій Матлаб для здійснення цих операцій.</i></p> <p><i>Література [1], стор.170-179; [3], стор.98-106.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.</i></p>
17	<p>Тема 1.16. Числове розв'язання систем нелінійних рівнянь в Матлаб, до якої увійшли питання: <i>відділення коренів систем нелінійних рівнянь; уточнення коренів методами простих ітерацій, Зейделя, Ньютона; застосування функцій Матлаб для здійснення цих операцій.</i></p> <p><i>Література [1], стор.180-188; [3], стор.98-106.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.</i></p>
18	<p>Тема 1.17. Чисельне розв'язання оптимізаційних задач, до якої увійшли питання: <i>поняття про оптимізаційні задачі та їх класифікацію; безумовна та умовна одновимірна та багатовимірна оптимізація; метод золотого перерізу; основні оптимізаційні функції пакету Матлаб; приклади їх використання.</i></p> <p><i>Література [1], стор.189-206; [3], стор.98-106.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.</i></p>

Практичні заняття у частині I кредитного модуля

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<p>Математичний опис ланок та систем. Типові ланки. <i>Диференціальні рівняння ланок та систем керування. Рівняння динаміки типових ланок та їх передатні функції. Приклади математичного описання ланок з механічними елементами, електричних ланок з R-L-C елементами. Література [1], [2], [4].</i></p>
2	<p>Структурні схеми САК та їх перетворення. <i>Правила складання та перетворення структурних схем. Зведення складних структурних схем до</i></p>

	<i>одноконтурних. Отримання передатних функцій САР за зовнішніми діями на систему: за завданням та за збуреннями. Література [1], [2], [4].</i>
3	Математичний опис САК у просторі стану. Векторно-матричні рівняння стану. Отримання рівнянь стану за передатними функціями та структурними схемами. Деталізовані структури узагальнених ланок 1-го та 2-го порядку. Визначення передатних функцій за рівняннями стану. Література [1], [2], [4].
4	Складання та аналіз структурних схем. Статичні властивості САК. Складання структурної схеми системи за описом її елементів. Визначення статичних показників САК за передатними функціями. Вплив зворотних зв'язків на статичні помилки. Приклад САР швидкості двигуна зі зворотними зв'язками за кутовою швидкістю та струмом якоря. Література [1], [2], [4].
5	Частотні характеристики ланок і систем. Побудова частотних характеристик ланок і систем. Частотні характеристики типових ланок. Логарифмічні частотні характеристики ланок та систем. Визначення параметрів передатних функцій за логарифмічними частотними характеристиками. Література [1],[2], [4].
6	Дослідження стійкості САК за кореневим способом та алгебричними критеріями. Аналіз стійкості за коренями характеристичного рівняння. Алгебричні критерії стійкості. Використання критеріїв Гурвіца, Ляпунова-Шіпара. Література [1], [2], [5].
7	Частотний критерій стійкості Найквіста. Критерій стійкості Найквіста. Випадки стійкої і нестійкої розімкненої системи. Запаси стійкості за амплітудою та фазою. Аналіз стійкості САК за допомогою критерію Найквіста у звичайній та логарифмічній формі. Література [1], [2], [5].
8	Оцінювання якості САК. Основні показники якості САР та їх аналіз. Методи коефіцієнтів помилок. Статичні та динамічні помилки. Усталені режими при типових діях. Введення астатизму в систему.. Література [1], [2], [5].
9	Синтез послідовних коригувальних пристроїв методом ЛАХ. Методика синтезу. Принципи побудови бажаної ЛАХ за необхідними показниками якості керування. Література [1], [2], [3], [5].

Лабораторні заняття у частині I кредитного модуля

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	<i>Дослідження часових та частотних характеристик типових ланок систем автоматичного керування.</i>	4
2	<i>Дослідження усталених режимів роботи систем автоматичного регулювання.</i>	4
3	<i>Дослідження стійкості і якості лінійної системи автоматичного керування.</i>	4
4	<i>Синтез послідовних коригувальних ланок лінійних САК.</i>	4

Лабораторні заняття у частині II кредитного модуля

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Знайомство з системою програмування Matlab	2
2	Операції над матрицями. Функції математичного аналізу	2
3	Графічні засоби пакету Matlab	2
4	Операції матричної алгебри	2
5	Операції над степеневими поліномами	2
6	Апроксимація та інтерполювання табличних функцій	2
7	Чисельне інтегрування	2
8	Розв'язання нелінійних рівнянь та їх систем в Matlab	2
9	Розв'язання оптимізаційних задач	2

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	76
2	Підготовка до МКР	12
3	Знайомство з демонстраціями пакета Matlab щодо використання чисельних методів при розв'язанні диференційних рівнянь	2
4	Знайомство з демонстраціями пакета Matlab щодо використання швидкого перетворення Фур'є при аналізі гармонічного складу періодичних сигналів	2
5	Знайомство з демонстраціями функцій папки Optimization Toolbox пакета Matlab	2
6	Знайомство з демонстраціями функцій папки Control Toolbox пакета Matlab	2
7	Підготовка до екзамену	15
8	Разом	111

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на

аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях, передбачені в РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-дискі викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється згідно із вказівками викладача;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної чесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при складанні контрольних заходів з дисципліни "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування";
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: робота на лекційних, практичних і лабораторних заняттях та МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Загальна рейтингова оцінка **R** студента складається з балів, отриманих за: роботу на лекційних та практичних заняттях, за лабораторні роботи, МКР (модульна контрольна робота розбивається на дві частини) та екзамен.

Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні роботи	МКР	Екзамен
9	9	30	16	36

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Лекційні заняття

Ваговий коефіцієнт дорівнює 0,2. Максимальна кількість балів за всі 45 лекцій становить $0,2 \times 45 = 9$ балів.

Критерії оцінювання

- опрацювання лекції, представлено впродовж тижня після заняття	0,2	
- опрацювання лекції, представлено із запізненням понад тиждень		0...0,1
- неопрацьована лекція	0	
- <u>штраф</u> за запізнення та порушення порядку		1

Практичні заняття

Ваговий коефіцієнт дорівнює 1. Максимальна кількість балів за всі 9 практичних робіт становить $1 \times 9 = 9$ балів.

Критерії оцінювання

- конспект практичних завдань, наданий впродовж 2-х тижнів після заняття		
- конспект практичних завдань, наданий після 2-х тижнів після заняття		0...0,5
- <u>заохочення</u> за активність на занятті		1
- <u>штраф</u> за запізнення та порушення порядку		1

Лабораторні роботи

Ваговий коефіцієнт дорівнює 3 для чотиригодинних робіт та 2 для двогодинних робіт. Максимальна кількість балів за 4 чотиригодинні та 9 двогодинних лабораторних робіт становить $3 \times 4 + 2 \times 9 = 30$ балів.

Критерії оцінювання для чотиригодинних (двогодинних) лабораторних робіт

1. Виконання:

- повне та вчасне виконання роботи	1 (1)	
- відпрацювання пропущеної без поважної причини роботи		0
(0)		
- <u>штраф</u> за поломку лабораторного обладнання	1...3	
(1...2)		
- <u>штраф</u> за запізнення чи порушення порядку	1...2	
(1...2)		
2. Підсумковий бал (виконання + захист):		
- вчасний захист звіту при його оформленні до виконання наступної роботи	1...3	
(1...2)		
- вчасний захист звіту (до початку екзаменаційної сесії)	0...3	
(0...2)		
- невчасний захист звіту (під час екзаменаційної сесії)		0
(0)		

Модульна контрольна робота

МКР розбивається на дві контрольних роботи, де ваговий бал дорівнює 8. Максимальна кількість балів за МКР становить $8 \times 2 = 16$ балів.

Критерії оцінювання

- повна відповідь (не менше 90% від потрібної інформації)	7...8	
- достатньо повна відповідь (не менше 75% від потрібної інформації)	6...7	
- неповна відповідь (не менше 60% від потрібної інформації)	5...6	
- незадовільна відповідь (менше 60% від потрібної інформації)	0...4	

- неявка без поважних причин

0

Екзамен

Ваговий коефіцієнт дорівнює 36. Максимальна кількість балів за відповіді на екзамені становить $36 \times 1 = 36$ балів.

Критерії оцінювання

- відмінна відповідь (не менше 90% від потрібної інформації)

32...36

- добра відповідь (не менше 75% від потрібної інформації)

27...31

- задовільна відповідь (не менше 60% від потрібної інформації)

22...26

- незадовільна відповідь (менше 60% від потрібної інформації)

0

Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та однієї задачі. Максимальна оцінка за кожне теоретичне питання дорівнює 9 балів, а за задачу – 18 балів.

Умовою позитивної проміжної атестації є рейтинг студента на менший 50% від максимально можливого на час атестації.

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг не менший 50% від суми балів, отриманих у семестрі, тобто 32 бали.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Загальна рейтингова оцінка R (сума балів)	Оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
40...59	Незадовільно
менше ніж 40	Недостатньо

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем з частини I кредитного модуля, які виносяться на семестровий контроль

1. Загальні поняття та терміни.
2. Класифікація автоматичних пристроїв. Переваги автоматизації.
3. Коротка історія розвитку автоматики.
4. Кібернетика, її головні задачі та особливості.
5. Система автоматичного керування (САК) та її елементи. Функціональна схема.
6. САК зі зворотним зв'язком. Види зворотних зв'язків.
7. Принципи автоматичного керування.
8. Комбіновані САК. Головне протиріччя між статикою і динамікою САК.
9. Інформативний принцип класифікації САК. Основні види САК.
10. Математичні моделі систем на основі диференціальних рівнянь у звичайній та операторній формі.
11. Опис систем за допомогою передатних функцій.
12. Структурні схеми САК та правила їх перетворення.
13. Передатні функції САК за зовнішніми діями

14. *Поняття про метод змінних стану. Векторно-матричні рівняння стану САК.*
15. *Отримання рівнянь стану системи за передатною функцією.*
16. *Отримання рівнянь стану системи за структурною схемою.*
17. *Визначення передатних функцій за рівняннями стану.*
18. *Керованість та спостережуваність лінійних систем.*
19. *Перетворення подібності та канонічні форми рівнянь стану.*
20. *Методи розв'язання рівнянь стану.*
21. *Структурні перетворення моделей САК у просторі стану.*
22. *Статика та динаміка САК.*
23. *Форми запису рівнянь динаміки на прикладі ланки R–L.*
24. *Лінеаризація математичних моделей.*
25. *Аперіодична 1-го порядку та інтегрувальна ланки (рівняння динаміки, передатна функція, часові характеристики).*
26. *Диференціювальна та інерційно-диференціювальна ланки (рівняння динаміки, передатна функція, часові характеристики).*
27. *Форсувальна та інерційно-форсувальна ланки (рівняння динаміки, передатна функція, часові характеристики).*
28. *Аперіодична ланка 2-го порядку (рівняння динаміки, передатна функція, часові характеристики).*
29. *Колівальна ланка 2-го порядку (рівняння динаміки, передатна функція, часові характеристики).*
30. *Ланка часового запізнення (рівняння динаміки, передатна функція, часові характеристики).*
31. *Частотні характеристики САК.*
32. *Експериментальний метод побудови амплітудно-фазових частотних характеристик.*
33. *Логарифмічні частотні характеристики.*
34. *Амплітудно-фазові частотні характеристики типових ланок.*
35. *Логарифмічні амплітудні та фазові частотні характеристики типових ланок.*
36. *Мінімально і немінімально-фазові ланки. Їх частотні характеристики.*
37. *Структурно нестійкі САК.*
38. *Рівняння динаміки стежної (програмної) САК.*
39. *Рівняння динаміки САК стабілізації.*
40. *Стійкість лінійних систем. Теорема Ляпунова.*
41. *Аналіз стійкості САК за коренями характеристичного рівняння.*
42. *Критерій стійкості Рауса-Гурвіца.*
43. *Критерій стійкості Лъєнара-Шіпара.*
44. *Отримання критичних значень параметрів за алгебричними критеріями стійкості.*
45. *Критерій стійкості Найквіста при стійкій розімкненій САК. Запаси стійкості.*
46. *Критерій стійкості Найквіста при нестійкій розімкненій САК.*
47. *Критерій стійкості Найквіста у логарифмічній формі. Знаходження запасів стійкості.*
48. *Якість САК. Основні показники якості керування в статиці та динаміці.*
49. *Основні шляхи поліпшення якості САК.*
50. *Кореневі методи аналізу якості САК.*

51. Інтегральні методи оцінки якості керування.
52. Частотні методи оцінки якості САК.
53. Введення в систему астатизму різних порядків. Ізодромна інтегровальна ланка.
54. Закони керування і типові регулятори.
55. Пропорційний закон керування та П-регулятори, переваги і недоліки. Характер впливу на статичні та динамічні характеристики.
56. Інтегральний закон керування, його особливості. І-регулятори, переваги та недоліки.
57. Диференційний закон керування. Д-регулятори, їх переваги і недоліки.
58. Пропорційно-інтегральний закон керування. ПІ-регулятори, їх переваги і недоліки.
59. Пропорційно-диференційний закон керування. ПД-регулятори, переваги і недоліки.
60. Пропорційно-інтегрально-диференціальний закон керування. ПІД-регулятори, їх особливості.
61. Статичні і динамічні помилки в САК.
62. Типові режими роботи САК.
63. Оцінка точності САК за методом коефіцієнтів помилок.
64. Точність САК при зміні зовнішньої дії зі сталою швидкістю.
65. Точність САК при зміні зовнішньої дії зі сталим прискоренням.
66. Синтез САК методом логарифмічних амплітудних частотних характеристик.
67. Принципи побудови бажаної ЛАХ за необхідними показниками якості керування.

Перелік тем з частини II кредитного модуля, які виносяться на семестровий контроль

1. Файлова система пакету MATLAB, інструменти ядра
2. Робочий стіл. Основні вікна та їх призначення
3. Типи даних, зарезервовані константи
4. Елементарні функції
5. Утворення матриць і векторів, маніпуляції з ними
6. Спеціальні вектори і матриці
7. Різниця між поелементними та матричними математичними операціями
8. Визначення розмірів масивів
9. Базові функції математичного аналізу
10. Побудова двовимірних графіків в Декартових координатах
11. Керування типами і кольорами ліній та маркерів
12. Нанесення текстової інформації на графіки
13. Масштабування координатних осей
14. Керування графічними вікнами та їх розташуванням
15. Побудова перехідних та вагових характеристик
16. Побудова реакції САК на лінійний вплив. Визначення добротності за швидкістю
17. Побудова карт розташування нулів-полісів лінійних динамічних систем
18. Розрахунок та побудова частотних характеристик
19. Програмування розгалужених процесів. Операції відношення. Логічні операції та функції.

20. Програмування циклів з відомим числом повторень
21. Програмування ітераційних циклів
22. Організація меню
23. Файли-сценарії та файли-функції
24. Операції лінійної алгебри: розрахунок визначників, мінорів та алгебраїчних доповнень матриць; обернення та транспонування матриць; розв'язання систем лінійних рівнянь
25. Розрахунок усталених процесів у розгалужених лінійних електричних колах
26. Операції над степеневими поліномами
27. Застосування операцій над степеневими поліномами при розв'язанні задач в теорії автоматичного керування
28. Основні символічні операції та функції в MATLAB
29. Чисельне інтегрування
30. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь
31. Розрахунок перехідних процесів у лінійних електричних колах
32. Апроксимація та інтерполювання в MATLAB
33. Гармонічний аналіз та синтез періодичних функцій
34. Формування поліномів Баттерворта, Ньютона та Бесселя
35. Синтез систем модального керування в
36. Розв'язання трансцендентних та алгебраїчних рівнянь
37. Розв'язання систем нелінійних рівнянь в MATLAB
38. Чисельний пошук екстремумів функцій в MATLAB

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, к.т.н. Приймаком Б. І. і професором кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, д.т.н. Толочко О. І.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол

№11 від 15.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)