



ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

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>Електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS (лекцій – 54, практичних занять – 18; самостійна робота - 66)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/РГР, МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1.5 рази на тиждень; практичні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@iil.kpi.ua Практичні: к.т.н. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@iil.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» складена відповідно до освітньої програми підготовки бакалавра «Електричні станції» галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є поглиблення у студентів наступних компетентностей:

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

K08. Здатність працювати автономно.

K11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).

K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

K14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

K27. Здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування при дослідженні задач автоматичного управління електроенергетичними об'єктами.

Програмні результати навчання:

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПР24. Вміти застосовувати методи розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини» та інш. Дисципліна «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій», відноситься до вибіркового освітнього компоненту циклу професійної підготовки, використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію електричних машин, теорію автоматичного керування. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин; отримання досвіду розрахунку стійкості автоматичної системи для аналізу їх стійкості і якості перехідних процесів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **4 розділи**, а саме:

1. **Загальні відомості про автоматичні системи**, до якого ввійшли поняття, принципи автоматичного керування; функціональна схема автоматичних систем зі зворотним зв'язком; класифікація автоматичних систем .

2. **Математичне описання лінійних неперервних автоматичних систем**, до якого ввійшли питання про режими роботи автоматичних систем і способи їх описання; Оцінка статичних і динамічних властивостей автоматичних систем; Структурна схема та ланки автоматичних систем.

3. **Стійкість автоматичних систем**, до якого ввійшли питання про стійкість автоматичних систем; типові автоматичні регулятори.

4. **Якість автоматичних систем та її підвищення**, до якого ввійшли питання про якість процесів регулювання в автоматичних системах; типові автоматичні регулятори; автоматичні регулятори збудження синхронних генераторів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник курсу лекцій для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»//КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 108 с

2. *Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.*

3. Дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» <https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav>

Додаткові:

4. *Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій: практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний / КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 48 с.*

5. *Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій: Розрахунково-графічна робота. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів всіх форм навчання спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.П. Болотний. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022.–32с.*

6. *Yusheng Wei, Zongli Lin. “Truncated Predictor Based Feedback Designs for Linear Systems with Input Delay”, 1st ed., 2021 – 570 p.*

7. *Harry G. Kwatny, Karen Miu-Miller. “Power System Dynamics and Control”, Birkhäuser; 1st ed., 2016 – 274 p.*

8. *Marcio S. de Queiroz, Darren M. Dawson, Siddharth P. Nagarkatti, Fumin Zhang. “Lyapunov-Based Control of Mechanical Systems”, Birkhäuser; 2012 – 316 p.*

9. *Yuanlong Li, Zongli Lin. “Stability and Performance of Control Systems with Actuator Saturation”, Birkhäuser; 1st ed., 2018 – 706 p.*

10. *Saša V. Raković, William S. Levine, “Handbook of Model Predictive Control”, 2019– 1292p.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p>Поняття про автоматичну систему регулювання (АС); визначення та термінологія. Принцип автоматичного керування за відхиленням; приклад АС зі зворотнім зв'язком. Література: [1], с. 3-7 Завдання на СРС. Навести приклад АС зі зворотним зв'язком. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 1 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav</p>
2	<p>Склад АС по функціональній схемі. Визначення функціонального елемента. Вимірювальні елементи, вимоги до них; функціональна схема, приклади. Електронний підсилювальний елемент. Принцип дії та динамічні властивості (динаміка). Література: [1], с. 8-14 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 2 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav</p>
3	<p>Стандартні зовнішні збурення. Перехідні функції аперіодичної, коливної та інтегруючої ланок. Типи зв'язку між елементарними ланками, їх ПФ. Структурна схема САК. Правила перетворення структурних схем. ПФ розімкнутої та замкнутої САК. Література: [1], с. 15-21 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 3 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav</p>

4	<p>Основи лінеаризації нелінійних диференціальних рівнянь. Несуттєво і суттєво нелінійні характеристики. Приклади нелінійних характеристик різних видів. Приклад лінеаризації рівняння методом малого параметра. Геометрична інтерпретація лінеаризації нелінійної характеристики елемента САК і диференційного рівняння. Література: [1] с.22-24 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 4 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
5	<p>Форми запису диференціальних рівнянь. Класичний та операторний методи розв'язання систем диференціальних рівнянь. Про аналогію розрахунків перехідних процесів операторним методом і усталених режимів складних кіл комплексним методом. Література: [1] с.25-27 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 5 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
6	<p>Поділ динамічних характеристик на часові та частотні. Перелік та визначення часових динамічних характеристик. Імпульс сили. Імпульс електричний. Одиничний імпульс. Визначення та властивості одиничної імпульсної функції. Нормоване імпульсне збурення. Співвідношення між одиничною імпульсною і одиничною ступінчатою функціями. Література: [1] с.28-30 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 6 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
7	<p>Перехідна та імпульсна перехідна функції елементарних ланок і САК. Співвідношення між імпульсною перехідною та перехідною функціями САК. Сфера застосування цих характеристик. Література: [1] с.30-32 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 7 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
8	<p>Види частотних характеристик та їх визначення. Формули прямого та зворотного перетворення Фур'є. Комплексний коефіцієнт підсилення. Годограф вектора, амплітудно-фазочастотна характеристика. Експериментальне визначення частотних характеристик. Література: [1] с.33-35 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 8 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
9	<p>Логарифмічна одиниця вимірювання – Бел. Формули для визначення числа Белів для енергетичних та силових величин. Поняття – декада, октава, асимптотичні та нормовані частотні характеристики. Побудова усіх видів частотних характеристик на прикладі простої аперіодичної ланки. Література: [1] с.36-38 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 9 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
10	<p>Визначення стійкої САК. Основна умова стійкості. Приклади стійкої та нестійкої систем. Формулювання необхідної та достатньої умов стійкості. Поняття збуреного і незбуреного рухів, введених Ляпуновим. Стійкий незбурений рух. Теорема Ляпунова про стійкість та нестійкість руху за першим наближенням. Безпечна та небезпечна межі</p>

	<p>стійкості. Значення теорем Ляпунова. Література: [1] с.39-41 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою.. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 10 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
11	<p>Визначення системи стійкої «в малому» за Ляпуновим (з геометричною інтерпретацією). Асимптотично стійкий стан системи. Система стійка «у великому». Особливості застосування понять системи стійкої «в малому» та «у великому» щодо електроенергетичних систем. Статична стійкість системи. Цілі задач дослідження статичної стійкості. Динамічна стійкість електроенергетичних систем. Література: [1] с.42-43 Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 11 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
12	<p>Неодмінні умови стійкості. Визначення алгебраїчних та частотних критеріїв стійкості. Критерій Гурвіца. Побудова визначника Гурвіца та його діагональних мінорів. Сфера застосування цього критерію. Література: [1] с.44. Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 12 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
13	<p>Таблична форма критерію Рауса (для рівняння п'ятого порядку). Визначення рекурентної формули. Переваги алгоритму Рауса перед критерієм Гурвіца. Критерій Вишнеградського. Критерій аперіодичної стійкості електроенергетичної системи. Література: [1] с.45-46 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 13 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
14	<p>Модульна контрольна робота</p>
15	<p>Графоаналітичний критерій Михайлова. Порядок побудови характеристичного вектора (годографа Михайлова). Представлення характеристичного поліному за теоремою Вієта. Література: [1] с.47-51 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою.. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 14 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
16	<p>Про частотні критерії, що дозволяють оцінювати стійкість замкнутої САК за частотними характеристиками розімкненої системи. Критерій Найквіста–Михайлова. Визначення інверсної АФЧХ. Формулювання критерію, виходячи з інверсної АФЧХ. Особливості операторних передавальних функцій САК з запізненням. Побудова АФЧХ розімкненої САК з запізненням. Приклади АФЧХ систем: стійкої, нестійкої, нестійкої в розімкненому стані і стійкої – в замкненому стані. Література: [1] с.52-57 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 15 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</p>
17	<p>Про можливі причини переходу САК границі стійкості. Геометрична інтерпретація запасу стійкості і його визначення через граничне та початкове значення параметра. Задання запасу стійкості виходячи з критерію Михайлова, Найквіста – Михайлова, Вишнеградського, за ЛАЧХ і ФЧХ. Абсолютно стійкі (1-го роду) і умовно стійкі (2-го роду) САК. Література: [1] с.58-62 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування</p>

	<i>електрообладнанням електростанцій» лекція 16</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
18	<i>Поняття про I - мірну область стійкості, гіперпростір, D область. Метод D-розбиття. Метод D - розбиття за одним параметром (приклад для характеристичного рівняння 4-го степеня). Література: [1] с.63-66 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 17</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
19	<i>Діаграма Вишнеградського. Умови стійкості за Вишнеградським, виходячи з діаграми стійкості. Структурно стійкі і структурно нестійкі системи. Переведення структурно нестійкої САК в стійку. Умови структурної стійкості для одноконтурних САК. Поняття та визначення стаціонарної, квазістаціонарної та нестаціонарної САК. Приклади широко використовуваних нестаціонарних систем і характерні риси розвитку їх теорії. Література: [1] с.67-68 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 18</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
20	<i>«Тривала» (на нескінченному інтервалі часу) та «короткочасна» (на скінченному інтервалі часу) стійкість САК. Визначення САК стійкої на скінченному інтервалі часу. Визначення часових інтервалів стійкості САК зі змінними параметрами за Каменковим. Приклад чергування інтервалів стійкості (графік). Література: [1] с.69-71 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 19</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
21	<i>Задача аналізу якості. Поняття ідеальної системи. Перелік та визначення показників якості САК. Статична характеристика САК. Абсолютна та відносна статична похибка. Спосіб ліквідації статичної похибки. Статизм ланки, статизм регулювання. Коефіцієнт статизму. Література: [1] с.72-77 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 20</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
22	<i>Прямий та посередні методи дослідження якості лінійних САК. Оцінка якості за розподілом коренів. Ступінь стійкості, ступінь коливальності і ступінь затухання перехідного процесу. Література: [1] с.78-79 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 21</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
23	<i>Частотний метод дослідження якості САК і його особливості. Узагальнена частотна характеристика САК і її зв'язок з перехідним процесом. Метод і номограма Солодовнікова. Література: [1] с.80 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 22</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav
24	<i>Площа регулювання. Основні типи перехідних процесів. Формула зв'язку параметрів САК (коефіцієнтів характеристичного рівняння) з інтегральною оцінкою (квадратом</i>

	<i>похибки). Рівність Парсеваля. Методика застосування квадратичних оцінок якості регулювання. Модульна функція втрат. Змішана функція квадратичних втрат. Загальний вигляд інтегральної оцінки. Література: [1] с.81-84 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 23 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
25	<i>Загальні вимоги до функціонування САК: стійкості, якості, статичної та динамічної стійкості. Вимоги до методів синтезу САК. Послідовність дій при розв'язанні часткової задачі синтезу. Література: [1] с.85-86 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 24 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
26	<i>Види коректувальних пристроїв та способи їх підключення. Призначення та вплив послідовного коректувального пристрою на закон регулювання системи (з наглядною ілюстрацією на рис. двох способів введення похідної в закон регулювання). Література: [1] с.87-91 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 25 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
27	<i>Додаткові додатні та відємні зворотні зв'язки у вигляді паралельних коректувальних пристроїв та мета їх застосування. Ілюстрація ефекту введення додаткового відємного зв'язку на прикладі типової структурної схеми САК. Одноконтурні та багатоконтурні САК. Способи приведення до стійкості структурно-нестійких САК. Ізодромна інтегруюча ланка. Література: [1] с.92-104 Завдання на СРС. Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» лекція 26 https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<i>Складання диференціальних рівнянь, визначення передавальних функцій САК літературні джерела [4] дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
2	<i>Частотні характеристики динамічних ланок літературні джерела [4] дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
3	<i>Правило побудови частотних характеристик літературні джерела [4], дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
4	<i>Дослідження стійкості САК за різними критеріями. літературні джерела [4], дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
5	<i>Математичний опис елементів САК. літературні джерела [4], дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій» https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=rl65yav</i>
6	<i>Диференціальні рівняння та передавальні функції розімкнутих та замкнутих САК. літературні джерела [4], дистанційний курс «Теорія автоматичного керування</i>

	<i>електрообладнанням</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav	<i>електростанцій»</i>
7	<i>Аналіз САК на астатизм за коефіцієнтами помилок. літературні джерела [4], дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій»</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav	
8	<i>Синтез коректувальних пристроїв за ЛЧХ. літературні джерела: [4], дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій»</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav	
9	<i>Розрахунок і побудова перехідної характеристики замкненої САК. літературні джерела: [4], дистанційний курс «Теорія автоматичного керування електрообладнанням електростанцій»</i> https://classroom.google.com/c/NTEwMzQ2ODkwMDY5?cjc=r165yav	

6. Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	24
2	<i>Розв'язок задач</i>	18
3	<i>Виконання розрахунково-графічної роботи</i>	14
4	<i>Підготовка до МКР</i>	4
5	<i>Підготовка до заліку</i>	6
		66

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. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);*
- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях.*
- політика дедлайнів та перескладань: Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту РГР та 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 доброчесності для осіб, що працюють*

і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, РГР, розв'язання задач

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

Семестровий контроль: залік, РГР, МКР

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Додаткові завдання (заохочувальні бали)

Для покращення рейтингу студент за бажанням студента і згодою викладача може отримати додаткові бали, підготувавши стислий реферат або презентацію на задану викладачем тему або письмову відповідь на дане викладачем запитання (не більше 1 додаткового завдання на 1 студента протягом семестра)

Ваговий бал – 5

Оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від якості підготовленого матеріалу.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено
Порушення принципів академічної доброчесності	Усунено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Розв'язання задач	РГР	МКР	R
54	18	14	14	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 2 бал * 27 = 54 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 2;

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 2 бал * 9 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- *самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття –2;*
- *розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 1;*

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу. Максимальна кількість балів за виконання РГР – 14.

Критерії оцінювання

- *повне, точне і вчасне виконання – 14 балів;*
- *розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7...14 балів;*
- *розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;*
- *розрахунок неправильний – 0 балів;*
- *на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.*

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з теоретичного запитання. Максимальний бал за МКР – 14.

Критерії оцінювання

- *повне виконання –14;*
- *недосконале виконання – 10;*
- *відсутність роботи – 0.*

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Умови позитивної проміжної атестації

*Для отримання «зараховано» з **першої проміжної атестації** (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 17 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).*

*Для отримання «зараховано» з **другої проміжної атестації** (14 тиждень) студент матиме не менш ніж 40 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).*

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання заліку

Умови допуску до заліку: виконання розрахунково-графічної роботи, написання модульної контрольної роботи. Студенти, які протягом семестру не набрали 60 балів або бажають підвищити свою оцінку виконують залікову контрольну роботу, при цьому бали, набрані в семестрі, анулюються.

Ваговий бал залікової контрольної роботи – 100

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи:

Рейтинг заліку $R_z = 95 - 100$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 75 - 94$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і

величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_3 = 60 - 74$ балів – студент частково відповідає на питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_3 \leq 60$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль зазначено у додатку 1 до силабусу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА(протокол №9 від 18.05.2023 р)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 22.06.2023 р)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. *Поняття про автоматичну систему регулювання (АС) та її елементи; термінологія і визначення.*
2. *Принцип керування за відхиленням, зворотній зв'язок (ЗЗ); приклад АС зі ЗЗ.*
3. *Принципи керування за збуренням та комбінованого керування.*
4. *Приклади АС за збуренням та комбінованим принципами керування. Принцип адаптації.*
5. *Склад АС за функціональною схемою. Вимірювальні елементи, їх приклади та характеристики.*
6. *Підсилювальні елементи (електронні, електромашинні, магнітні підсилювачі) і їх характеристики.*
7. *Виконуючі елементи і вимоги до них. Коригуючі елементи і їх призначення.*
8. *Класифікація АС*
9. *Задачі статичної і динамічної АС, лінеаризація АС. Форми запису рівнянь елементів АС.*
10. *Перехід від рівнянь елементів до рівнянь АС. Приклад побудови лінійної моделі динаміки АС стабілізації напруги генератора постійного струму.*
11. *Показники статичних властивостей АС. Способи визначення статичних характеристик АС.*
12. *Оцінка динаміки АС: типові збурення і реакції на них.*
13. *Визначення часових характеристик, передаточних функцій та частотних характеристик.*
14. *Типові ланки (підсилювальна, аперіодична першого порядку, коливальна, диференціююча, інтегруюча, форсуюча, із запізненням) та їхні характеристики.*
15. *Амплітудно-фазові частотні характеристики у полярній системі координат. Логарифмічні частотні характеристики Ідеальні та реальні, стійкі та нестійкі ланки.*
16. *Структурна схема АС. Типові з'єднання ланок та їхні характеристики.*
17. *Класифікація зворотних зв'язків. Передаточні функції АС: розімкненої, замкненої, похибки АС та за збуренням. Перетворення структурних схем.*
18. *Поняття стійкості АС. Математичне визначення стійкості, теореми Ляпунова.*
19. *Алгебраїчний критерій Рауса-Гурвіца. Критичне значення коефіцієнта підсилення АС.*
20. *Принципи аргументу та частотні критерії стійкості: графо-аналітичний критерій Михайлова, амплітудно-фазовий критерій Найквіста-Михайлова.*
21. *Запас стійкості по модулю та фазі. Логарифмічний критерій Найквіста-Михайлова. Метод Д-розбиття.*
22. *Характеристика об'єктів регулювання як елементів АС, приклади.*
23. *Типові автоматичні регулятори (П-, І-, ПІ-, ПД-, ПІД-регулятори) та їхні характеристики.*
24. *Показники якості регулювання (прямі і непрямі). Кореневий метод оцінки якості.*
25. *Оцінка якості за амплітудно-частотною характеристикою замкненої АС. Інтегральні оцінки якості перехідних процесів. Визначення усталеної похибки АС.*
26. *Структурні ознаки статизму та астатизму АС.*
27. *Задача корекції АС. Послідовні та паралельні коригуючі елементи.*
28. *Типові регулятори як коригуючі елементи. Введення в закон регулювання похідних та інтегралу у часовій області. Приклади корекції АС.*
29. *Призначення, типи АРЗ, їхні спрощені структурні схеми і порівняльна характеристика.*
30. *Питання вибору АРЗ та їх налагодження.*