



МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВОДНЮ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G3 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна) / заочна / прискорена</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS (150 год.: 30 год.-лекції, 14 год.-практичні роботи, 60 год. - СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net ; тел. +38-067-907-91-19 (09:00 – 18:00) Практичні: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович;
Розміщення курсу	<i>Google Classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Більшість сучасних електрохімічних, теплових та водневих систем являють собою складні електротехнічні системи, що включають у себе пружні механічні ланки, електропривод з напівпровідниковими перетворювачами в силових колах, систему керування, захисне обладнання тощо. Ланки електроприводу та системи керування мають загальновизнану форму математичного опису перехідних процесів, що відбуваються в них. Однак за наявності пружних зв'язків з розподіленими параметрами у механічній частині установок, дослідження електрохімічних та водневих систем представляє певні труднощі.

Завдання оптимального керування складними електрохімічними та водневими системами полягає в тому, щоб забезпечити режим роботи системи, яка найкраще функціонує в певному сенсі, тобто вона повинна відповідати дуже чіткому технічному або техніко-економічному критерію оптимальності. Математичний вираз повинен бути представлений функцією або функціоналом координат процесу та керуючого впливу. Досягнення максимального (мінімального) значення критерію оптимальності вказує на оптимальний стан або поведінку системи.

Мета вивчення дисципліни – формування у студента теоретичних та практичних знань дослідження динамічних процесів в електрохімічних та водневих системах різної складності та створення ефективних алгоритмів управління для їх дослідження на практиці.

Програмні результати навчання: (ФК18) здатність створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів у електротехнічних системах та проводити їх дослідження; (ФК19) здатність оптимізовувати технологічні процеси і будувати структурні схеми автоматизованих систем керування; (ПРН17) Створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання електрохімічних та водневих 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 електрохімічних та теплових процесів при виробництві водню» 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 кредитного модуля «Моделювання електрохімічних та теплових процесів при виробництві водню», 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 систем» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні положення дисципліни. Пружні елементи електрохімічних та водневих систем

Тема 1.1. Інерційна механічна ланка для обертального та поступального рухів.

Тема 1.2. Пружний кінематичний зв'язок. Демпфер. Люфт.

Розділ 2. Математичне моделювання інтегруючих ланок.

Тема 2.1. Апроксимація функцій. Операція диференціювання.

Тема 2.2. Чисельно-аналітичний метод. Методи Z-перетворення.

Розділ 3. Аналітичне дослідження пружних електротехнічних систем.

Тема 3.1. Двомасова механічна система. Система з двигуном постійного струму.

Тема 3.2. Двомасові системи з пружною ланкою, демпфером та люфтом.

Тема 3.3. Чотиримасова розгалужена та паралельна система.

Розділ 4. Оптимізація режимів роботи електротехнічних систем.

Тема 4.1. Формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів.

Тема 4.2. Загальна методика створення багатоканальних задавальних моделей.

Тема 4.3. Дослідження функціональних можливостей задавальних моделей.

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

3. Цифрові системи управління електроприводом: навч. посіб. / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, І.Я. Майданський, А.В. Босак. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 72 с.

4. Використання пакета MATLAB–Simulink для моделювання динамічних систем та пристроїв: Метод. вказівки до виконання лабораторних, розрахунково-графічних робіт, курсового та дипломного проектування для студ. спец. 7.092203 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» і 7.092204 – «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» / Укладачі: О.В. Чермалих, О.В. Данілін, В.В. Кузнєцов. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 72 с.

Допоміжна

5. 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.

6. 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>

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>

8. Ажогін В.В., Згуровський М.З. Моделювання на аналогових та гібридних ЕОМ. – Київ: Вища школа. – 1983. – 274 с.

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'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[3]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. 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 та практичних занять у вигляді комп'ютерного практикуму.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	Назва теми лекції: Вступ до дисципліни Перелік основних питань: Основні поняття моделювання електрохімічних та теплових процесів виробництва водню. Аналітичні методи моделювання. Поняття передавальної функції пружно-в'язких систем. Література: [2, 4]
2	Назва теми лекції: Пружні елементи електрохімічних та водневих систем Перелік основних питань: Методика побудови математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками. Методи простору станів. Складання структурних схем. Література: [2, 6]

3	Назва теми лекції: Дослідження пружних елементів електрохімічних та водневих систем Перелік основних питань: Інерційна механічна ланка другого порядку (маса) для обертального та поступального рухів. Література: [3, 8]
4	Назва теми лекції: Дослідження пружних елементів електротехнічних систем Перелік основних питань: Пружний кінематичний зв'язок (пружина). Демпфіруюча ланка (амортизатор). Зона нечутливості (люфт). Література: [1, 7]
5	Назва теми заняття: Математичне моделювання інтегруючих ланок пружних систем Перелік основних питань: Чисельне інтегрування диференціальних рівнянь. Ступінчаста, ступінчаста з упередженням та кусково-лінійна апроксимація функцій. Операція диференціювання. Література: [2, 6]
6	Назва теми заняття: Математичне моделювання інтегруючих ланок пружних систем Перелік основних питань: Використання чисельно-аналітичного методу та методу Z-перетворення. Складання структурних схем у просторі станів послідовної та паралельної структури математичних моделей. Література: [1, 5]
7	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою під час обертального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження чисельно-аналітичним методом. Література: [1, 6]
8	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою під час поступального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження методом Z-перетворення. Література: [2, 8]
9	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Електромеханічна система з двигуном постійного струму. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів. Література: [1, 7]
10	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою та демпфером. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів. Література: [2, 4]
11	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою та люфтом. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів.

	Література: [3, 6]
12	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою, демпфером та люфтом. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження чисельно-аналітичним методом. Література: [1, 5]
13	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Чотиримасова розгалужена механічна система. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів. Література: [3, 6]
14	Назва теми лекції: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Чотиримасова паралельна механічна система. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів. Література: [2, 5]
15	Назва теми лекції: Оптимізація режимів роботи електрохімічних та водневих систем Перелік основних питань: Формування оптимальних за швидкістю керуючих впливів. Основні задачі оптимізації систем позиційного керування. Аналітичний опис та побудова оптимальних діаграм швидкості та прискорення Література: [1, 7].

Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

Основним завданням циклу практичних занять у вигляді комп'ютерного практикуму 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 практичних занять та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	Назва теми заняття: Дослідження пружних елементів електрохімічних та водневих систем Перелік основних питань: Інерційна механічна ланка другого порядку (маса) для обертального та поступального рухів. Складання структурної схеми та алгоритму комп'ютерного моделювання. Література: [3, 8]
2	Назва теми заняття: Дослідження пружних елементів електрохімічних та водневих систем Перелік основних питань: Пружний кінематичний зв'язок (пружина). Демпфіруюча ланка (амортизатор). Зона нечутливості (люфт). Складання структурної схеми та алгоритму комп'ютерного моделювання. Література: [1, 7]

3	Назва теми заняття: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою під час обертального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження чисельно-аналітичним методом. Література: [1, 6]
4	Назва теми заняття: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою під час поступального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження методом Z-перетворення. Література: [2, 8]
5	Назва теми заняття: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Електромеханічна система з двигуном постійного струму. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання. Література: [1, 7]
6	Назва теми заняття: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою та демпфером. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання. Література: [2, 4]
7	Назва теми заняття: Дослідження математичних моделей електрохімічних та водневих систем з пружними ланками. Перелік основних питань: Двомасова механічна система з пружною ланкою та люфтом. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання. Література: [3, 6]

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студент згідно навчального плану передбачає 60 годин:

підготовку до аудиторних занять – 52 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

підготовку до заліку – 4 год.

Завдання комп'ютерного практикуму № 1

Дослідження математичних моделей електрохімічних та теплових систем при виробництві водню

Порядок виконання завдання:

1. Визначити передавальні функції всіх ланок електротехнічної системи та представити їх відповідними структурними схемами у безперервному просторі станів.
2. Скласти узагальнену структурну схему електротехнічної системи з пружними ланками у безперервному просторі станів.
3. Представити передавальні функції динамічних ланок в інтегральному вигляді та скласти деталізовану структурну схему електротехнічної системи з пружними ланками у безперервному просторі станів.
4. Замінити безперервну математичну модель дискретною з використанням заданої апроксимації інтеграторів та побудувати структурну схему алгоритму дослідження електротехнічної системи з пружними ланками чисельно-аналітичним методом.

5. Скласти програму у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання електротехнічної системи з пружними ланками чисельно-аналітичним методом.

6. Синтезувати Simulink-моделі електротехнічної системи з пружними ланками у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання чисельно-аналітичним методом.

7. Замінити безперервну математичну модель дискретною з використанням заданого методу Z-перетворення та скласти деталізовану структурну схему електротехнічної системи з пружними ланками у дискретному просторі станів.

8. Побудувати структурну схему алгоритму дослідження математичної моделі електротехнічної системи з пружними ланками методом Z-перетворення.

9. Скласти програму у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання електротехнічної системи з пружними ланками методом Z-перетворення.

10. Синтезувати Simulink-модель електротехнічної системи з пружними ланками у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання методом Z-перетворення.

Завдання комп'ютерного практикуму № 2

Дослідження функціональних можливостей задавальної моделі другого порядку

Порядок виконання завдання:

1. Розрахувати відсутні вихідні дані (за необхідністю).
2. Визначити проміжні ділянки шляху та загальний час переміщення.
3. Визначити граничні значення заданого переміщення.
4. Визначити нову максимальну швидкість руху та загальну відстань до точки зупинки від моменту початку уповільнення.
5. Скласти аналітичну залежність поточної відстані до кінця заданого шляху від швидкості на ділянках уповільнення.
6. Побудувати структурну схему алгоритму формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів задавальної моделі другого порядку у функції часу.
7. Скласти програму у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання оптимальних за швидкодією керуючих впливів задавальної моделі другого порядку у функції часу.
8. Визначити оптимальні значення прискорення та швидкості у функції переміщення на всіх ділянках руху.
9. Побудувати структурну схему алгоритму формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів задавальної моделі другого порядку у функції переміщення.
10. Скласти програму у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання оптимальних за швидкодією керуючих впливів задавальної моделі другого порядку у функції переміщення.

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 електрохімічних та теплових процесів при виробництві водню» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до комп'ютерного практикуму; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання комп'ютерного практикуму та розрахункової роботи; перелік теоретичних питань та практичних задач до іспиту розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Моделювання електрохімічних та теплових процесів при виробництві водню» 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 електрохімічних та теплових процесів при виробництві водню» на платформі «Сікорський».

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

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, що студент отримує за:

- виконання 2 завдань комп'ютерного практикуму;
- дві контрольні роботи (одна модульна контрольна робота поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по одній академічній годині);

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Комп'ютерні практикуми:

Ваговий бал – 30. Максимальна кількість балів: $30 \text{ балів} \times 2 \text{ завд.} = 60 \text{ балів}$.

Критерії оцінки виконання завдань комп'ютерного практикуму	бали
Повне вичерпне виконання (не менше 90 %)	20...30
Повне виконання з деякими недоліками (не менше 75 %)	13...19
Неповне виконання із суттєвими недоліками (не менше 60 %)	6...12
Досить слабе, або не вірне виконання (менше 60 %)	0...5

2.2. Модульний контроль

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів за 2 одногодинні модульні контрольні роботи (МКР) дорівнює: $20 \text{ балів} \times 2 \text{ МКР} = 40 \text{ балів}$.

Критерії оцінки виконання МКР	бали
повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)	16...20
достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями	10...15
неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки	5...9
незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно»)	0...4

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.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

4. Семестровий контроль.

Семестровий контроль: Екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх завдань комп'ютерного практикуму, а також виконання модульних контрольних робіт і розрахункової роботи. Крім того, попередня рейтингова оцінка з кредитного модуля має бути $r_C \geq 25$ балів (не менше 50 % від R_C).

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

Розмір стартової шкали: $R_C = 12 + 6 + 32 = 50$ балів.

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

5. Завдання екзаменаційної роботи виконується письмово і складається з одного теоретичного запитання та одної практичної задачі. Перелік питань наведений у цьому силабусі. Теоретичне питання оцінюється у 20 балів, а задача – 30 балів.

Система оцінювання теоретичного питання	бали
«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	16...20
«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	10...15
«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)	6...9
«незадовільно», незадовільна відповідь	0...5
Система оцінювання практичних запитань (задачі)	бали
«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання	25...30
«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями	18...24
«задовільно», завдання виконане з певними недоліками	9...17
«незадовільно», завдання не виконано	0...8

Для заочної форми навчання.

Поточний контроль: МКР (проводиться безпосередньо на лекційному занятті у присутності викладача, 6 балів); комп'ютерні практикуми (12 балів), розрахункова робота (32 балів). Структура МКР, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової 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)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу. Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача, на платформі Coursera або Udemy. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути

зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КУРСУ:

1. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему інерційної механічної ланки другого порядку під час обертального руху.
2. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему інерційної механічної ланки другого порядку під час поступального руху.
3. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему пружної кінематичної ланки під час обертального та поступального рухів.
4. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему демпфіруючої ланки під час обертального та поступального рухів.
5. Скласти аналітичну залежність, графічне зображення та структурну схему алгоритму дослідження нелінійного елементу із зоною нечутливості.
6. Викласти математичну сутність апроксимації функцій, відобразити графічні зображення та основні формули
7. Довести геометричну сутність операції диференціювання та реалізувати її за допомогою чисельного рівняння та Z-перетворення.
8. Викласти математичну сутність чисельно-аналітичного методу дослідження інтеграторів пружних ланок (основні рівняння та структурні схеми).
9. Викласти математичну сутність методу Z-перетворення під час дослідження послідовної структури інтеграторів пружних ланок (основні рівняння та структурні схеми).
10. Викласти математичну сутність методу Z-перетворення під час дослідження паралельної структури інтеграторів пружних ланок (основні рівняння та структурні схеми).
11. Скласти структурну схему алгоритму дослідження двомасової механічної системи з пружною ланкою для обертального руху чисельно-аналітичним методом.
12. Скласти структурну схему алгоритму дослідження двомасової механічної системи з пружною ланкою для поступального руху методом Z-перетворення.
13. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему електромеханічної системи з двигуном постійного струму.
14. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему двомасової механічної системи з пружною ланкою та демпфером.
15. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему двомасової механічної системи з пружною ланкою та люфтом.
16. Скласти структурну схему алгоритму дослідження двомасової механічної системи з пружною ланкою, демпфером та люфтом чисельно-аналітичним методом.
17. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему чотиримасової розгалуженої механічної системи.
18. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему чотиримасової паралельної механічної системи (без перетворень).
19. Провести аналітичні перетворення (перший та другий етапи) та спростити структурну схему чотиримасової паралельної механічної системи.
20. Провести аналітичні перетворення (третій та четвертий етапи) та спростити структурну схему чотиримасової паралельної механічної системи.
21. Викласти сутність та основні математичні залежності формування оптимальних за швидкістю керуючих впливів на прикладі багатоперіодної діаграми швидкості.
22. Сформулювати основні положення та викласти методику створення багатоканальних задавальних моделей.

23. Відобразити семіперіодну діаграму швидкості та прискорення , функціональну схему задавальної моделі другого порядку та викласти основні положення формування оптимальних керуючих впливів.

24. Визначити проміжні ділянки шляху та загальний час переміщення для формування оптимальної діаграми швидкості.

25. Визначити граничні значення заданого переміщення для формування оптимальної діаграми швидкості.

26. Визначити нову максимальну швидкість та загальну відстань до точки зупинки від моменту початку уповільнення для формування оптимальної діаграми швидкості.

27. Скласти аналітичну залежність поточної відстані до кінця заданого шляху від швидкості на ділянках уповільнення для формування оптимальної діаграми швидкості.

28. Визначити оптимальні значення прискорення та швидкості у функції переміщення на всіх ділянках руху для формування оптимальної діаграми швидкості.

29. Скласти структурну схему алгоритму формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів у функції часу.

30. Скласти структурну схему алгоритму формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів у функції переміщення.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено: кафедрою АЕМК (протокол № 15 від 04.06.2025 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 30 від 25.06.2025 р.)