

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СУЧАСНІ МЕТОДИ СИНТЕЗУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ»



Ступінь освіти	Магістр
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Тривалість викладання	весняний семестр (3, 4 чверті)
Кількість кредитів	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Заняття:	
лекції:	2 години
практичні:	1 години
Мова викладання	українська

Електронний ресурс з дисципліни: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/mssk.php>

Кафедра, що викладає Електропривода

Викладач:



Садовой Олександр Валентинович, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки

співавтор підручника «Моделювання електромеханічних систем», **навчального посібника** «Спеціальні питання математичного опису і моделювання динаміки складних систем» **монографій** «Релейні системи оптимального керування електроприводами», «Енергоєфективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення», «Системи оптимального керування прецизійними електроприводами», «Системи керування асинхронними вентильними каскадами», «Синтез електромеханічних систем методом дискретного часового еквалайзера».

Персональна сторінка:

<https://elprivod.nmu.org.ua/ua/department/sadovoi.php>

E-mail: sadovoi.o.v@nmu.one

1. Анотація до курсу

Предметом курсу є нетрадиційні сучасні методи структурно-алгоритмічного синтезу систем керування, які забезпечують бажані динамічні та статичні показники якості керування в умовах дії широкого спектру параметричних і координатних збурень: модальне керування, розв'язання зворотних задач динаміки, концепції збуреного-незбуреного руху, аналітичного конструювання лінійних і релейних систем оптимального керування, синтезу цифрових систем керування методом дискретного цифрового еквалайзера. Теоретично вичерпне розв'язання задачі керування нестационарними динамічними

об'єктами в умовах дії координатних збурень дає ідея побудови систем, стійких при необмеженому збільшенні коефіцієнта підсилення. Такий підхід в області лінійних законів керування дозволяє значно знизити чутливість синтезованих систем до зовнішніх збурень і забезпечує достатньо високі можливості компенсації параметричних збурень. Реалізація нескінченно великих коефіцієнтів підсилення за рахунок використання ковзних режимів нелінійних елементів дозволяє при певних умовах забезпечити нульову чутливість системи керування до параметричних і координатних збурень. Однак у відомих літературних джерелах синтез розривних керувань з регуляторами релейного типу здійснюється, як правило, виходячи лише з умови існування стійких ковзних режимів, що забезпечує стійкість системи, але не гарантує отримання потрібні динамічні та статичні показники. В курсі, який пропонується, викладені основні положення розроблених автором методів синтезу систем керування, які базуються на концепціях збуреного-незбуреного руху і обернених задач динаміки, методі динамічного програмування Беллмана, прямому методі Ляпунова, принципі максимуму Понтрягіна, теоремі Фельдбаума про n інтервалів і гарантують аперіодичні перехідні процеси на траєкторіях керованого руху і нульову статичну помилку. Під час побудови курсу автор намагався складним математичним теоріям надати зрозумілий фізичний сенс і окреслити області застосування запропонованих методів синтезу систем керування.

Під час побудови курсу автор намагався складним математичним теоріям надати зрозумілий фізичний сенс і окреслити області застосування запропонованих електромеханічних систем.

Мета дисципліни – засвоєння здобувачами вищої освіти сучасних методів синтезу систем керування, які ґрунтуються на стандартному розподілі коренів характеристичного рівняння замкненої системи, розв'язанні обернених задач динаміки, сучасних методах варіаційного числення, розв'язанні задач аналітичного конструювання регуляторів, прямому методі Ляпунова, використанні принципу симетрії систем керування та його модифікації.

Завдання курсу:

Навчити здобувачів вищої освіти:

- формам запису рівнянь елементів автоматичних систем;
- теорії модального керування;
- концепціям зворотних задач динаміки;
- методам розв'язання варіаційних задач;
- концепції збуреного-незбуреного руху;
- методам розв'язання варіаційних задач;
- задачі аналітичного конструювання регуляторів (АКР) і особливостям її розв'язання сучасними методами варіаційного числення;
- фізичному сенсу функціоналів якості та аналітичному конструюванню лінійних та релейних систем оптимального керування модифікованим принципом симетрії;
- синтезу електромеханічних систем методом дискретного часового еквалайзера.

Дисциплінарні результати навчання:

- аналізувати вимоги до показників якості функціонування автоматизованих електромеханічних систем та визначати найбільш ефективні методи їх синтезу;
- здійснювати пошук, аналізувати та критично оцінювати інформацію з різних джерел;
- застосовувати аналітичні методи аналізу і синтезу ефективних систем автоматичного керування, математичне моделювання та виконувати фізичні експерименти для розв'язання інженерних задач;
- критично оцінювати основні показники якості синтезованих систем та оцінювати використані технічні рішення і обладнання;
- інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач;
- оцінювати доцільність та можливість застосування нових методів і технологій в задачах синтезу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;
- аргументувати вибір методу розв'язання спеціалізованої задачі синтезу системи керування, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

2. Структура курсу

Лекції

1 Форми запису рівнянь елементів автоматичної системи
1.1.Графічна інтерпретація математичного опису САК
1.2.Поняття про стійкість розв'язань диференційних рівнянь.
1.3.Структурні схеми. Методи структурних перетворень. Передавальні функції розімкненої та замкненої систем.
2 Модальне керування
2.1.Стандартні розподіли коренів характеристичного рівняння і відповідні перехідні функції.
2.2.Синтез модальних регуляторів.
3 Концепції зворотних задач динаміки.
3.1.Властивості симетрії систем автоматичного керування
3.2.Синтез систем керування шляхом розв'язання обернених задач динаміки.
4 Концепція збуреного-незбуреного руху
4.1.Функціонали, варіації та їх властивості.
5 Методи розв'язання варіаційних задач
5.1.Рівняння Ейлера.
5.2.Принцип максимуму Понтрягіна.
5.3.Динамічне програмування Беллмана.
5.4.Прямий метод Ляпунова.
6 Задача аналітичного конструювання регуляторів (АКР) і особливості її розв'язання сучасними методами варіаційного числення
6.1.Модифікація принципу симетрії та розв'язання задачі АКР
6.2.Побудова функції Ляпунова для замкнених систем оптимального керування.
7 Функціонали якості та аналітичне конструювання лінійних систем оптимального керування модифікованим принципом симетрії
7.1. Відповідність модифікованого принципу симетрії задачі аналітичного конструювання

регуляторів
7.2.Визначення функції Ляпунова модифікованим принципом симетрії.
8 Функціонали якості та аналітичне конструювання релейних систем оптимального керування модифікованим принципом симетрії
8.1.Робастні властивості релейних систем керування в ковзних режимах.
9. Синтез електромеханічних систем методом дискретного часового еквалайзера
9.1Поняття дискретного часового еквалайзера.
9.2.Перехідні функції кінцевої тривалості.
9.3Синтез системи автоматичного керування на базі дискретного часового еквалайзера з використанням модифікованого принципу симетрії структурних схем.

Практичні заняття

1. Складання рівнянь динаміки електромеханічних систем. Передавальні функції розімкнених і замкнених систем
2. Синтез модального регулятора
3. Синтез систем керування шляхом розв'язання обернених задач динаміки
4. Визначення екстремалі шляхом розв'язання рівняння Ейлера
5. Побудова функції Ляпунова методом Барбашина
6. Побудова функції Ляпунова модифікованим принципом симетрії
7. Синтез лінійних регуляторів модифікованим принципом симетрії
8. Синтез релейних регуляторів модифікованим принципом симетрії
9. Синтез цифрових систем керування методом дискретного часового еквалайзера

3. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Використовується лабораторне та мультимедійне обладнання кафедри електропривода. Дистанційна платформа MOODLE.

4. Система оцінювання та вимоги

4.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74 – 89	добре
60 – 73	задовільно
0 – 59	незадовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 7-го кваліфікаційного рівня НРК.

4.2 Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання поточного контролю в балах:

Теоретична частина	Практична частина	Разом
46	54	100

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі контрольної тестової роботи, яка містить 23 запитань, кожне вагою 2 бали (разом 46 балів).

4.3 Критерії оцінювання практичних занять

Практична частина складається з дев'яти практичних робіт, кожне вагою 6 балів (разом 54 бали). Практичні роботи виконуються та здаються послідовно і повинні бути здані до виконання теоретичної частини.

Правильно виконана **практична робота** оцінюється в 6 балів, причому:

- **6 балів** – повна відповідність суті роботи;
- **4-5 балів** – відповідність суті роботи з незначними відхиленнями та неточностями;
- **3-4 балів** – часткова відповідність суті роботи без повного його розкриття;
- **1-3 бали** – присутні суттєві помилки у виконанні роботи;
- **0 балів** – робота не наведена або не відноситься до теми роботи.

4.4 Критерії оцінювання підсумкової роботи

У випадку якщо здобувач вищої освіти за поточною успішністю отримав менше 60 балів або прагне поліпшити оцінку проводиться **підсумкове оцінювання (залік)** під час сесії.

Залік проводиться у вигляді комплексної контрольної роботи, яка включає запитання з теоретичної та практичної частини курсу. Білет складається з трьох теоретичних відкритих тестів та двох практичних відкритих тестів (задач) кожен вагою 20 балів (**разом 100 балів**).

Причому:

- **20 балів** – повна відповідність суті питання;
- **15 балів** – відповідність суті питання з незначними відхиленнями та неточностями;
- **10 балів** – часткова відповідність суті питання без повного його розкриття;
- **5 балів** – присутні суттєві помилки у виконанні тесту;
- **0 балів** – відповідь не наведена або не відноситься до теми питання.

5. Політика курсу

5.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у На-

ціональному технічному університеті "Дніпровська політехніка". (https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents.pdf).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

5.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

5.3. Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

5.4 Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

5.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Для здобувачів вищої освіти, які отримують освітні послуги за Дуальною формою навчання передбачається індивідуальний розклад занять. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, академічна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

6 Рекомендовані джерела інформації

6.1 Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні методи синтезу систем керування»/Укладач Садовой О.В. –Дніпро. НУ «Дніпровська політехніка», 2021. – 207 с.

2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сучасні методи синтезу систем керування» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укладач Садовой О.В -Дніпро. НУ «Дніпровська політехніка», 2021.

6.2 Рекомендована література

1. Спеціальні питання математичного опису і моделювання динаміки складних систем: навчальний посібник/О.В.Садовой, О.Л.Дерець. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2014. – 206 с. ISBN 978-966-175-104-9.

2. Метод N-і перемикачів у задачах оптимізації за швидкістю/О.Л.Дерець, О.В.Садовой: під ред.О.В.Садового. – Кам'янське: ДДТУ, 2021. – 252 с. ISBN 978-966-175-215-2.

3. Синтез електромеханічних систем методом дискретного часового еквайзера/О.І.Шеремет, О.В.Садовой, Ю.В.Сохіна. – Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 266 с. ISBN 978-966-175-192-6.

4. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення/Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. – Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2018. – 310 с. ISBN 978-966-02-8403-6

5. Системи керування асинхронними вентилями каскадами. Монографія/Клюєв О.В., Садовой О.В., Сохіна Ю.В. – Кам'янське: ДДТУ, 2018.-294 с.

6.3 Інформаційні ресурси

Література на сайті кафедри електропривода:

<http://elprivod.nmu.org.ua/ua/books/converters.php>