Силабус курсу:

СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Ступінь вищої освіти:	магістр
Спеціальність:	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Рік підготовки:	1
Семестр викладання:	весняний
Кількість кредитів ЄКТС:	5
Мова(-и) викладання:	українська
Вид семестрового контролю	залік

Автор курсу та лектор:

к.т.н., проф., Шевченко Іван Степанович

вчений ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я та по-батькові

професор кафедри електричної інженерії

посада

shevchenko_is@snu.edu.ua	+38(095)4982610		216 ЛК, за розкладом
електронна адреса	телефон	месенджер	консультації

Викладач лабораторних занять:*

вчений ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я та по-батькові

посада

електронна адреса	телефон	месенджер	консультації

Викладач практичних занять:*

вчений ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я та по-батькові

посада

електронна адреса	телефон	месенджер	консультації

** – 1) дані підрозділи вносяться до силабусу в разі, якщо практичні та (або) лабораторні заняття проводить інший викладач, котрий не є автором курсу та лектором; 2) припустимо змінювати назву підрозділу на **«Викладач лабораторних та практичних занять:»**, якщо лабораторні та практичні заняття проводить один викладач, котрий не є автором курсу та лектором.*

Анотація навчального курсу

Цілі вивчення курсу:	придбання міцних знань і навичок в розробці, проектуванні та дослідженні сучасних систем керування електроприводами. Тому вивчення дисципліни повинно дати міцні знання по синтезу оптимальних електроприводів з використанням сучасних методів теорії автоматичного керування: аналітичне конструювання оптимальних регуляторів по інтегрально-квадратичному критерію і зворотної задачі динаміки. Вивчаються принципи побудови та розрахунок сучасних систем векторного керування машинами змінного струму. Набути навички дослідження цих складних систем електроприводу на ЕОМ.
Завдання:	вивчення інженерних методів побудови і розрахунку оптимальних електромеханічних систем постійного і змінного струму
Результати навчання:	У результаті вивчення курсу студенти повинні: **знати:** особливості розробки та синтезу оптимальних систем керування електроприводом; **вміти:** реалізовувати основні методи формування оптимальних перехідних процесів в електромеханічних системах.
Передумови до початку вивчення:	«Системи керування електроприводом»; разом з тим вона базується і на інших дисциплінах: теорія автоматичного керування, теорія електроприводу; електричні машини, моделювання електромеханічних систем.

Структура курсу

№	Тема	Години (Л/ЛБ/ПЗ)	Стислий зміст	Інструменти і завдання
1.	Принципи побудови електроприводів, оптимальних за швидкодією		Постановка задачі. Облік основних обмежень. Методи синтезу оптимальних за швидкодією електроприводів. Синтез спрощеної оптимальної за швидкодією позиційної системи на фазовій площині. Особливості реалізації таких систем. Нелінійна корекція як засіб підвищення швидкодії електропривода.	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.
2.	Аналітичне конструювання оптимальних релейних регуляторів для електроприводу		Постановка задачі. Інтегральний квадратичний критерій якості. Функціональне рівняння Беллмана-Ляпунова. Матричне рівняння Барбашина. Синтез оптимального релейного управління, що мінімізує інтегральний квадратичний функціонал. Ковзані режими, інваріантність до координатним і параметричних збурень. Математична модель силової частини електроприводу в різних фазових просторах. Синтез оптимального релейного регулятора струму в просторі керованої координати і її похідних. Вибір фазового простору для синтезу регулятора струму з урахуванням його реалізації перешкода-захищеності.. Синтез регулятора швидкості в різних фазових просторах. Задатчики рухів. Особливості синтезу регулятора положення. Задатчик рухів на основі оптимальної за швидкодією моделі позиційного електроприводу.	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.
3.	Синтез швидкодіючих електроприводів методом зворотної задачі динаміки (лінійні моделі)		Симетрія в автоматичних системах і ЗЗД. Зв'язок структур об'єкта і керуючого пристрою. Завдання ЗЗД. Синтез алгоритму керування системи, що володіє заданим спектром при описі об'єкта управління диференціальним рівнянням високого порядку. Завдання бажаної траєкторії. Отримання програмної керуючої функції. Перехід до алгоритму замкнутої системи. Подання управління у вигляді двох складових: компенсує і забезпечує рух по бажаної траєкторії. Синтез	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.

№	Тема	Години (Л/ЛБ/ПЗ)	Стислий зміст	Інструменти і завдання
			регулятора швидкості методом ЗЗД. Синтез закону керування для електроприводу, силова частина якого представлена системою диференціальних рівнянь першого порядку. Перехід до канонічного простору. Використання матриці Фробеніуса для знаходження коефіцієнтів характеристичного рівняння. Програмне управління, що реалізує бажану траєкторію руху. Перехід до замкнутій системі в просторі вихідних координат. Синтез регуляторів швидкості та положення в різних просторах.	
4.	Синтез електромеханічних систем методом зворотної задачі динаміки (нелінійні моделі)		ЗЗД в нелінійних системах. Симетрія в нелінійних САК. Алгоритми формування керуючої сили або прискорення. Реалізація алгоритмів управління по прискоренню. Створення в релейного системі ковзних режимів для реалізації алгоритмів керування по керуючої силі. Інваріантність таких систем до координатним і параметричних збурень. Синтез релейного регулятора швидкості ЕП.	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.
5.	Методи модального управління і ЗЗД		Модальне керування в електроприводі. Алгоритм розрахунку модальних регуляторів. Вибір бажаного характеристичного полінома. Синтез регуляторів струму і швидкості електроприводу постійного струму	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.
6.	Використання принципів векторного керування для синтезу сучасних високодинамічних електроприводів змінного струму. Математична модель узагальненої машини		Машини змінного струму як об'єкта автоматичного керування. Математичний опис двохфазної машини в векторній формі. Пряме перетворення вектора з природної системи координат в розрахункову і назад. Математичний опис машини в розрахунковій системі координат. Математична модель узагальненої машини. Правила переходу від трифазної до двофазної системі. Схема заміщення узагальненої машини.	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.
7.	Векторне керування машинами змінного струму		Електропривод змінного струму з векторним керуванням (постановка завдання). Вираз електромагнітного моменту через різні вектора. Частотно-регульований електропривод з керуванням по	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання

№	Тема	Години (Л/ЛБ/ПЗ)	Стислий зміст	Інструменти і завдання
			вектору головного потокозчеплення. Переклад математичної моделі узагальненої машини асинхронного короткозамкнутого двигуна в просторі вимірюваних координат. Синтез регуляторів головного потокозчеплення і електромагнітного моменту. Повна структурна і функціональна електрична схеми системи векторного керування асинхронним короткозамкненим двигуном. Сучасні промислові електроприводи з векторним керуванням.	практичних занять.
8.	Робастні системи керування		Тенденції розвитку теорії робастного керування. Класи задач робастного керування. Методи, засновані на H_∞-оптимізації. Подання систем в H_∞-теорії. Опис «вхід-вихід». Опис в просторі стану. Лінійні дробові перетворення як форма представлення систем в H_∞-теорії. Невизначеності в системах автоматичного керування.	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.
9.	Синтез H_2-та H_∞ робастних регуляторів швидкості електроприводу		Принципи синтезу робастних систем. Норми матричних передавальних функцій замкнутих систем. Створення узагальненого об'єкта. Вибір вагових функцій у H_∞-теорії робастного керування. Постановка завдання оптимізації. H_2-оптимальний регулятор. H_∞-оптимальний регулятор. Спеціальні проблеми H_2-та H_∞-оптимізації. Структура і властивості H_2-та H_∞-оптимальних регуляторів. Алгоритми синтезу H_2-та H_∞-оптимальних регуляторів.	Участь в обговоренні на лекціях. Опитування під час виконання практичних занять.

Рекомендована література

1. Динаміка складних електромеханічних систем: Навч. посіб. / І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – Алчевськ: ДонДТУ, 2008. – 171 с.
2. Зеленов А.Б. Синтез та цифрове моделювання систем управління електроприводів постійного струму з електромашинними, електромагнітними та імпульсними перетворювачами: Навч. посібн. / А.Б. Зеленов, І.С. Шевченко, В.П. Яблонь, М.Г. Нікітін – Алчевськ: ДонДТУ, 2007. – 373 с.
3. Толочко О.І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану: Навч. посібн. – До-нецьк: Норд-Прес, 2004. – 298 с.
4. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: [учебник для студ. высш. учебных заведений] / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – [2-е изд. стер.]. – Челябинск: Издво ЮУрГУ, 2001. – 358с.
5. Системы автоматизированного управления электроприводами: [учебное пособие] / Г.И. Гульков, Ю.Н. Петренко, Е.П. Раткевич, О.Л. Симоненкова; под общ. ред. Ю.Н. Петренко. – Мн.: Новое знание, 2004. – 384с.
6. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: [учебник для вузов] / А.С. Анучин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373с.
7. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода: [учебник] / В.В. Москаленко. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 208с.
8. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: [Учебн. пособие] / Ю.С. Усынин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 358с.
9. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / А.Б. Виноградов. – ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2008. – 298с.
10. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями: [Учебное пособие] / А.А. Усольцев. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94с.
11. Поляков К.Ю. Основы теории цифровых систем управления: [Учебное пособие] / К.Ю. Поляков. – СПб.: СПбГМТУ, 2006. – 161с.
12. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / [Пупков К. А., Коньков В. Г., Киселев А. Н. и др.]; под ред. Н. Д. Егупова. – [2-ое изд.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.
13. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / [Пупков К. А., Егупов Н. Д., Владимиров И. Г. и др.]; под ред. К. А. Пупкова и Н. Д. Егупова. – [2-ое изд.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 616 с.
14. Поляк Б. Т. Робастная устойчивость и управления / Б. Т. Поляк, П. С. Щербаков. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
15. Полилов Е.В. Робастное управление синхронным электроприводом: Монография / Е.В. Полилов, Е.С. Руднев, С.П. Скорик. – Алчевск: ДонГТУ, 2012. – 253 с.

Оцінювання курсу

За повністю виконані завдання студент може отримати визначену кількість балів:

Інструменти і завдання	Кількість балів
Участь в обговоренні	20
Тести	25
Індивідуальні завдання	25
Залік	30
Разом	**100**

Шкала оцінювання студентів

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу

Плагіат та академічна доброчесність: Під час виконання завдань студент має дотримуватись політики академічної доброчесності. Запозичення мають бути оформлені відповідними посиланнями. Списування є забороненим.

Завдання і заняття: Всі завдання, передбачені програмою курсу мають бути виконані своєчасно і оцінені в спосіб, зазначений вище. Аудиторні заняття мають відвідуватись регулярно. Пропущені заняття (з будь-яких причин) мають бути відпрацьовані з отриманням відповідної оцінки не пізніше останнього тижня поточного семестру. В разі поважної причини (хвороба, академічна мобільність тощо) терміни можуть бути збільшені за письмовим дозволом декана.

Поведінка в аудиторії: На заняття студенти вчасно приходять до аудиторії відповідно до діючого розкладу та обов'язково мають дотримуватися вимог техніки безпеки.

Під час занять студенти:

– не вживають їжу та жувальну гумку;
– не залишають аудиторію без дозволу викладача;
– не заважають викладачу проводити заняття.

Під час контролю знань студенти:

– є підготовленими відповідно до вимог даного курсу;
– розраховують тільки на власні знання (не шукають інші джерела інформації або «допомоги» інших осіб);
– не заважають іншим.