

Вінницький національний технічний університет
Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на
транспорті
Факультет електроенергетики та електромеханіки

СУЧАСНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

(Обов'язковий)

II (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Електромеханіка**

Спеціальність **141 Електромеханіка**

Викладач: **Гرابко Вал.В.**

Мова викладання: **українська**

Семестр – **1**

Кредитів ЕКТС – **6**

Лекцій – **36 год.**

Лабораторних – **18 год.**

Практичних – **18 год.**

Курсовий проект – **30 год.**

Самостійна робота – **78 год.**

Вид контролю: **екзамен**

Передумови для вивчення – використання набутих результатів навчання під час вивчення компонент: Історія України, Історія української культури, Філософія (тут можуть бути лише обов'язкові компоненти або результати навчання)

Метою дисципліни є ознайомлення студентів із найсучаснішими автоматизованими системами керування електроприводами, які використовуються в народному господарстві нашої країни і за кордоном, вивчити будову цих систем керування електроприводами, їх властивості і характеристики, способи регулювання координат; методи синтезу регуляторів; методи оптимізації роботи систем; методи аналізу статичних і динамічних процесів для різних виробничих механізмів.

Компетентності: (тільки для обов'язкових, беруться з відповідної ОПП)

Навички виконання завдань науково-педагогічної діяльності.

Результати навчання: (тільки для обов'язкових, беруться з відповідної ОПП)

Уміти викладати у вищому навчальному закладі предметів, що стосуються галузі кібербезпеки, а також розробляти методичні матеріали, що використовуються студентами в навчальному процесі.

Тематика

Змістовий модуль 1. Системи векторного керування частотно-регульованого асинхронного електропривода

- Тема 1.** Поняття векторного керування (суть, способи отримання інформації про поточні значення і просторове положення векторів змінних АД, способи живлення АД, припущення при математичному описі електромагнітних процесів в АД, формування моменту АД, інтерпретація АД як еквівалентної МПС, технічна реалізація векторного керування АД, орієнтація системи координат x, y за потокозчепленням ротора, фізичний смисл векторного керування АД по аналогії з керуванням ДПС).
- Тема 2.** Структурна схема АД при керуванні за вектором потокозчеплення ротора (динамічні властивості АД з КЗР, електромагнітний момент АД, структурна схема АД при орієнтації системи координат x, y за потокозчепленням ротора).
- Тема 3.** Система керування з прямою орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора АД (функціональна схема системи керування швидкості АД з керуванням за потокозчепленням його ротора, структурна схема системи ПЧ-АД при орієнтації координат x, y за потокозчепленням ротора, оптимізація контурів).
- Тема 4.** Система керування з непрямою орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора АД (особливості застосування, функціональна схема системи керування з непрямою орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора АД).

Змістовий модуль 2. Системи керування ЕП на базі фаззи-контролерів

- Тема 5.** Загальні відомості про нечітку логіку (визначення нечіткої множини, функції належності нечіткої множини: кусково-лінійні, Z-подібні і S-подібні, П-подібні, основні логічні операції з нечіткими висловлюваннями: логічне заперечення, логічна кон'юнкція, логічна диз'юнкція, операції над нечіткими множинами: рівність і домінування нечітких множин; операції перетину, об'єднання і різниці нечітких множин).
- Тема 6.** Основи побудови нечітких регуляторів (нечіткі оператори, трикутна норма (Т-норма), трикутна конорма (Т-конорма), основи проектування нечіткого регулятора, визначення лінгвістичних змінних, алгоритм нечіткого виведення, формування бази правил нечіткого виведення, фазифікація, агрегування як етап інференції, активізація (імплікація) як етап інференції, акумуляція як етап інференції, способи усунення нечіткості (дефазифікація), основні етапи проектування нечітких регуляторів, класичний регулятор (алгоритм Мамдані), регулятор Такагі-Сугено-Канга (алгоритм Сугено).
- Тема 7.** Застосування fuzzy-logic регуляторів (загальний підхід, приклади реалізації).

Змістовий модуль 3. Системи керування ЕП на базі нейронних мереж

- Тема 8.** Загальні відомості про нейронні мережі.

- Тема 9.** Особливості побудови нейронних мереж, їх навчання.
- Тема 10.** Нейронні регулятори (регулятор з прогнозуванням нейронної мережі, регулятор NARMA-L2 нейронної мережі, регулятор на основі еталонної моделі нейронної мережі).

Змістовий модуль 4. Системи керування ЕП на базі генетичних алгоритмів

- Тема 11.** Загальні поняття про генетичні алгоритми, їх структура.
- Тема 12.** Побудова СКЕП на базі генетичних алгоритмів.

Змістовий модуль 5. Загальні підходи до побудови мікропроцесорних систем

- Тема 13.** ЕОМ в контурі системи керування технологічного процесу.
- Тема 14.** Переваги та обмеження мікропроцесорних систем керування. Принципи побудови мікропроцесорних систем керування. Особливості керування в реальному масштабі часу.
- Тема 15.** Приклади імпульсних та цифрових систем керування. Класифікація дискретних систем. Елементна база мікропроцесорних систем керування.

Змістовий модуль 6. Математичний апарат дослідження цифрових систем

- Тема 16.** Еквівалентна схема імпульсної системи. Історія розвитку систем автоматизації технологічних процесів. Решітчасті функції, кінцеві різниці та суми. Основні теореми дискретного перетворення Лапласа.
- Тема 17.** Передаточні функції та часові характеристики цифрових САУ з дискретними об'єктами керування. Застосування z-перетворення. Основні правила та теореми. Розв'язок різницевого рівнянь.
- Тема 18.** Стійкість цифрових САУ. Цифрова корекція та синтез САУ. Оцінка якості цифрових САУ. Системи з ЕОМ. Передаточні функції систем з ЕОМ при врахуванні квантування в часі та по рівню. Синтез систем з ЕОМ.

Змістовий модуль 7. Методи дослідження лінеаризованих цифро-аналогових та аналого-цифрових систем

- Тема 19.** Квантування по рівню та часу. Коефіцієнт передачі цифрового пристрою. Структура цифрової системи автоматичного керування.
- Тема 20.** Передаточна функція неперервної частини. Передаточна функція цифрового керуючого пристрою. Використання послідовного та паралельного програмування.
- Тема 21.** Передаточні функції цифрових автоматичних систем. Корируючі зворотні зв'язки.
- Тема 22.** Стійкість цифрових автоматичних систем. Оцінка якості, та точності цифрових автоматичних систем.
- Тема 23.** Поняття аналого-цифрової системи. Задачі аналізу і синтезу. Еквівалентна структурна схема системи. Дискретні передаточні функції. Оцінка стійкості.
- Тема 24.** Побудова перехідної характеристики. Вибір періоду дискретності. Вибір характеристик АЦП та ЦАП.

Змістовий модуль 8. Імпульсні моделі тиристорного електропривода

- Тема 25.** Припущення та передумови. Імпульсна модель тиристорного електропривода без врахування зворотного зв'язку по е.р.с. двигуна.

- Тема 26.** Модель тиристорного електропривода з врахуванням зворотного зв'язку по е.р.с. двигуна.
- Тема 27.** Модель електропривода при регулюванні струму збудження.
- Тема 28.** Розрахунок перехідних процесів.

Змістовий модуль 9. Синтез оптимальних цифрових САУ.

- Тема 29.** Синтез регулятора струму. Аналіз помилок регулювання струму.
- Тема 30.** Синтез регулятора швидкості, оптимального по швидкодії. Методика синтезу цифрового контуру.
- Тема 31.** Триконтурна система двохзонного регулювання швидкості. Мікропроцесорне керування положенням робочого органа.
- Тема 32.** Адаптивний регулятор в контурі струму. Регулювання струму в переривчастому режимі.
- Тема 33.** Оптимізація цифрового контуру струму електропривода з тиристорним перетворювачем.
- Тема 34.** Оптимізація цифрового контуру швидкості.
- Тема 35.** Оптимізація цифрового контуру положення.

Змістовий модуль 10. Реалізація мікропроцесорних пристроїв систем керування.

- Тема 36.** Мікропроцесорні перетворювачі інформації. Диференціювання цифрових послідовностей. Інтегрування цифрових послідовностей.
- Тема 37.** Мікропроцесорні спеціалізовані пристрої. Характеристика периферійних пристроїв. Цифрові вузли в системах керування електроприводом.
- Тема 38.** Перетворювачі сигналу напруги. Вимірювання кутової швидкості вала електродвигуна. Вимірювання кутового переміщення вала електродвигуна.
- Тема 39.** Обробка інформації захисних пристроїв. Синхронізація процесів керування СІФУ.

Змістовий модуль 11. Математичне забезпечення мікропроцесорних САУ.

- Тема 40.** Склад математичного забезпечення. Принципи організації математичного забезпечення. Принцип роботи СІФУ при прямому мікропроцесорному керуванні тиристорним електроприводом.
- Тема 41.** Алгоритм регулювання якінного струму.
- Тема 42.** Алгоритм регулятора швидкості.
- Тема 43.** Алгоритм позиційного регулятора.
- Тема 44.** Алгоритм керування захисними та керувальними пристроями.
- Тема 45.** Алгоритм обслуговування пульта.

Теми лабораторних робіт

1. Дослідження векторної системи ПЧ-АД керування з прямою орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора АД
2. Дослідження векторної системи ПЧ-АД керування з непрямою орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора АД
3. Дослідження СКЕП з фаззі-регулятором
4. Дослідження СКЕП, побудованих на базі нейронних мереж
5. Дослідження СКЕП, побудованих на базі генетичних алгоритмів

6. Дослідження алгоритму П – регулятора та його мікропроцесорної реалізації.
7. Дослідження алгоритму ПІ – регулятора та його мікропроцесорної реалізації.
8. Дослідження алгоритму ПД – регулятора та його мікропроцесорної реалізації.
9. Дослідження алгоритму ПІД – регулятора та його мікропроцесорної реалізації.
10. Дослідження алгоритму налагодження контуру струму мікропроцесорної СКЕП.
11. Дослідження алгоритму налагодження контуру швидкості мікропроцесорної СКЕП.
12. Дослідження алгоритму налагодження контуру положення мікропроцесорної СКЕП.
13. Дослідження алгоритму налагодження двоконтурної мікропроцесорної СКЕП.

Теми практичних робіт

1. Розрахунок цифрового П-регулятора
2. Розрахунок цифрового І-регулятора
3. Розрахунок цифрового Д-регулятора
4. Розрахунок цифрового ПІ-регулятора
5. Розрахунок цифрового ПД-регулятора
6. Розрахунок цифрового ПІД-регулятора
7. Розрахунок одноконтурної системи регулювання швидкості з цифровим регулятором струму
8. Розрахунок одноконтурної системи регулювання швидкості з цифровим регулятором швидкості
9. Розрахунок двоконтурної системи регулювання швидкості з цифровими регуляторами струму та швидкості
10. Розрахунок двозонної системи регулювання швидкості з цифровими регуляторами

Курсовий проект

Розрахунок цифрової системи керування електроприводом постійного струму

1. Вибір функціональної схеми електропривода
2. Розрахунок і вибір елементів силової частини електропривода
3. Визначення параметрів об'єкта керування
4. Розрахунок та побудова характеристик розімкненої системи
5. Розрахунок та вибір регуляторів та елементів їхніх контурів
6. Розрахунок цифрових регуляторів
7. Дослідження динамічних характеристик замкненої системи шляхом комп'ютерного моделювання
8. Розрахунок алгоритмів роботи та програм керування цифровими регуляторами

9. Дослідження динамічних характеристик замкненої системи шляхом комп'ютерного моделювання
10. Розробка схеми електричної принципової системи електропривода

Контроль

Поточний контроль проводиться шляхом написання колоквиумів у формі контрольної роботи або тестів.

Підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом складання екзамену за темами, що охоплюють весь курс дисципліни. Екзамен може проводитись за допомогою усного опитування та/або тестів.

Оцінювання результатів навчання

Модуль	Колоквиум	Лабораторні заняття	Практичні заняття	Екзамен	Бали
I	15	12	10		37
II	14	14	10		38
Семестр	29	26	20	25	100

Політика курсу

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень [Кодекс етики ВНТУ](#), [Положення про академічну доброчесність студентів та науково-педагогічних працівників ВНТУ](#), [Положення про рейтингову систему оцінювання досягнень студентів у ВНТУ](#) та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Грабко В. В. Мікропроцесорні системи керування електроприводами. Розрахунок цифрової системи керування електроприводом постійного струму. Курсове та дипломне проектування : навчальний посібник / В. В. Грабко, М. П. Розводюк, В. В. Грабко. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 97 с.
2. Грабко В. В. Системи керування електроприводами. Розрахунок системи підпорядкованого керування електроприводом постійного струму. Курсове та дипломне проектування : навчальний посібник / В. В. Грабко, М. П. Розводюк, В. В. Грабко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 89 с.
3. Усольцев А. А. Векторное управление асинхронными двигателями / А. А. Усольцев. – С-П.: ГИТМО, 2002.
4. Рудаков В. В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. Отделение, 1987. – 136 с.
5. Терехов В. М. Системы управления электроприводов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, О. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.

6. Толочко О. І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану навчальний посібник / О. І. Толочко. – Донецьк: ООО “НОРД Комп’ютер”, 2004. – 298 с.
7. Півняк Г. Г. Сучасні частотно-регульовані асинхронні електроприводи з широтно-імпульсною модуляцією / Г. Г. Півняк, О. В. Волков. – Дніпропетровськ, НГУ, 2006. – 470 с.
8. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 525 с.
9. Ротштейн А. П. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. Интеллектуальные технологии в идентификации / А. П. Ротштейн. – Винница, 1999.
10. Голуб А. П. Системи керування електроприводами : навч. посібник / А. П. Голуб, Б. І. Кузнецов, І. О. Опришко, В. П. Соляник. – К. : НМК ВО, 1992. – 352 с.
11. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи : навчальний посібник/ М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков та ін.; За ред.. М.Г. Поповича, О. Ю. Лозинського. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.
12. Зеленев А. Б. Синтез та цифрове моделювання систем управління електроприводів постійного струму з вентильними перетворювачами : навч. посібник / А. Б. Зеленев, І. С. Шевченко, Н. І. Андрєєва. – Алчевськ : ДГМІ, 2002. – 400 с.
13. Слежановский О. В. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями / О. В. Слежановский, Л. Х. Дацковский, И. С. Кузнецов и др. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 256 с.
14. Перельмутер В. М. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока / В. М. Перельмутер, В. А. Сидоренко. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.
15. Дьяконов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
16. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
17. Зеленев А. Б. Синтез та цифрове моделювання систем управління електроприводів постійного струму з вентильними перетворювачами : навчальний посібник / А. Б. Зеленев, І. С. Шевченко, Н. І. Андрєєва. – Алчевськ: ДГМІ, 2002. – 400 с.
18. Плахтина О. Г. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи / О. Г. Плахтина, С. С. Мазепа, А. С. Куцик. – Львів: Видавництво НУ”ЛП”, 2002. – 228 с.
19. Півняк Г.Г., Тадеушевич Р., Ткачов В.В. та ін. Комп’ютерне моделювання та розрахунок перехідних процесів в автоматичних системах: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – 338 с.
20. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. 2-е изд. – К.: Выща шк., 1989. – 431 с.
21. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
22. Файнштейн В.Г., Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления тиристорными электроприводами. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 240 с.
23. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления/Под ред. В.А. Бесекерского, пятое изд. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
24. Бесекерский В.А., Ефимов Н.Б., Зиатдинов С.И. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 365 с.
25. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 525 с.
26. Дроздов В.Н., Мирошник И.В., Скорубский В.И. Системы автоматического управления с микроЭВМ. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 284 с.
27. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л.:Энергоиздат, 1982.- 392 с.

