

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра мехатроніки та електротехніки (№ 305)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Наталя САВЧЕНКО
(ім'я та прізвище)

« 30 » серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Електропривод та системи керування. Частина 2.

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: доцент, к.т.н., доцент Віктор КОВАЛЬОВ
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)



Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
(№305) мехатроніки та електротехніки
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2024 р.

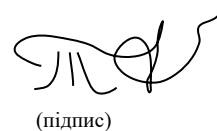
Завідувач кафедри д.т.н., професор



Р. М. Тріш

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Студент гр. 339



(підпис)

Микола Годоров
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань <u>14 Електрична інженерія</u> <small>(шифр і найменування)</small> Спеціальність <u>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u> <small>(код і найменування)</small> Освітня програма <u>Компютерно-інтегроване управління в енергетиці</u> <small>(найменування)</small> Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2024/2025
Індивідуальне завдання		Семестр
Загальна кількість годин – 56/135		<u>6-й</u>
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,6 самостійної роботи здобувача – 6,8		Лекції*
		24 години
		Практичні, семінарські*
		16 години
		Лабораторні*
	16 годин	
Самостійна робота		
79 годин		
Вид контролю		
модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 56/79

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – формування компетентностей щодо проектування, налагодження та експлуатації систем керування електроприводами з застосуванням сучасних технологій мікропроцесорної техніки.

Завдання: набуття системи знань з питань проектування систем керування електроприводом.

Компетентності, які набуваються

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК07. Здатність працювати в команді та автономно.

Фахові компетентності

ФК01. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків.

ФК02. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки, а також комп'ютерне програмне забезпечення для аналізу і синтезу комп'ютерно-інтегрованих систем управління.

ФК05. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

ФК11. Здатність проектувати системи управління електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними процесами із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання

ФК12. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач управління.

ФК14. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

ФК15. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК16. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

Програмні результати навчання

ПРН03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем

у професійній діяльності.

ПРН09. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем керування електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПРН12. Вміти розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління електроенергетичним, електротехнічним та електромеханічним обладнанням.

ПРН14. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

ПРН21. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПРН22. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

Очікувані результати навчання:

В результаті вивчення дисципліни «Електропривод та системи керування. Частина 2» студент повинен

знати:

- принцип дії функціональних схем систем керування електроприводами постійного та змінного струмів;
- типи регуляторів струму і швидкості для замкнених систем керування;
- типи датчиків зворотних зв'язків;

вміти:

- розраховувати параметри регуляторів швидкості і струму на операційних підсилювачах;
- читати принципові електричні схеми систем керування;
- виконувати пуско-налаштувальні роботи промислових електроприводів.

Пререквізити: Електротехніка. Програмування та алгоритмічні мови. Теоретичні основи автоматики. Електричні машини. Електричні апарати. Електропривід та системи керування. Частина 1.

Кореквізити: Основи електропостачання. Комп'ютерні інформаційні технології в енергетиці. Виробнича практика.

Постреквізити: Кваліфікаційна робота.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Системи керування електроприводами

Змістовний модуль 1. Елементна база для побудови систем керування

Тема 1. Лінійні елементи схем: резистори, конденсатори, трансформатори. Напівпровідникові елементи схем: діоди, стабілітрони, тиристори, транзистори. Будова та принцип дії. Вольт-амперні характеристики.

Тема 2. Аналогові мікросхеми: операційний підсилювач та компаратор. Цифрові мікросхеми: логічні елементи, тригери, мультиплектори та демультиплектори, шифратори та дешифратори, таймери, цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі.

Тема 3. Мікропроцесори, програмовані логічні контролери, мікроконтролери. Області застосування, функціональні схеми, особливості та відмінності програмування.

Тема 4. Датчики для систем керування: швидкості, струму, положення. Датчики на основі ефекту Холла. Енкодери абсолютні та імпульсні.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Загальна характеристика систем керування

Тема 5. Основи теорії автоматичного керування. Передатні функції динамічних ланок. Показники якості регулювання: похибка регулювання, перерегулювання, час регулювання, коливальність перехідних процесів. Критерії стійкості систем керування: Гурвіца, Михайлова, Найквіста.

Тема 6. Системи фазо-імпульсного та широтно-імпульсного керування на операційних підсилювачах: функціональні та принципові схеми. Передатні функції систем керування та визначення впливу похибки регулювання на діапазон регулювання швидкості.

Тема 7. Системи скалярного керування частотним асинхронним електроприводом. Широтно-імпульсний спосіб формування напруги статора. Компенсація впливу омичного опору статора на похибку регулювання.

Модульний контроль

Змістовний модуль 3. Замкнені системи керування

Тема 8. Замкнені аналогові системи керування з пропорційним та пропорційно-інтегральним регуляторами швидкості. Методики розрахунку регуляторів за критеріями похибки регулювання та забезпечення стійкості.

Тема 9. Замкнені цифрові системи керування з пропорційним та пропорційно-інтегральним регуляторами швидкості. Функціональні схеми. Алгоритми програм для регуляторів.

Тема 10. Замкнені системи керування з fuzzy-регулятором (нечіткий регулятор). Методика визначення параметрів з використанням застосування Fuzzy Logic Designer з програмного пакету MATLAB.

Тема 11. Замкнені системи векторного керування частотним асинхронним електроприводом. Розрахунок параметрів регуляторів струму статора та потокозчеплення ротора.

Тема 12. Двоконтурні та триконтурні системи підпорядкованого керування. Оптимізація параметрів регуляторів струму, швидкості та положення за показниками перехідних процесів: мінімум перерегулювання та часу регулювання.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	С. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1. Системи керування електроприводами					
Змістовний модуль 1. Елементна база для побудови систем керування					
Тема 1. Лінійні елементи: резистори, конденсатори, трансформатори. Напівпровідникові елементи: діоди, стабілітрони, тиристори, транзистори. Будова та принцип дії. Вольт-амперні характеристики.	9	2	1	0	6
Тема 2. Аналогові мікросхеми: операційний підсилювач та компаратор. Цифрові мікросхеми: логічні елементи, тригери, мультиплексори та демультиплексори, шифратори та дешифратори, таймери, цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі.	10	2	2	0	6
Тема 3. Мікропроцесори, програмовані логічні контролери, мікроконтролери. Области застосування, функціональні схеми, особливості та відмінності програмування/	9	2	1	0	6
Тема 4. Датчики для систем керування: швидкості, струму, положення. Датчики на основі ефекту Холла. Енкодери абсолютні та імпульсні/	9	2	1	0	6
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 1	37	8	5	0	24
Змістовний модуль 2. Загальна характеристика системи керування					
Тема 5. Основи теорії автоматичного керування. Передатні функції динамічних ланок. Показники якості регулювання: похибка	11	2	1	2	6

регулювання, перерегулювання, час регулювання, коливальність перехідних процесів. Критерії стійкості систем керування: Гурвіца, Михайлова, Найквіста.					
Тема 6. Системи фазо-імпульсного та широтно-імпульсного керування на операційних підсилювачах: функціональні та принципові схеми. Визначення впливу похибки регулювання на діапазон регулювання швидкості.	12	2	2	2	6
Тема 7. Системи скалярного керування частотним асинхронним електроприводом. Широтно-імпульсний спосіб формування напруги статора. Компенсація впливу омичного опору статора на похибку регулювання	12	2	2	2	6
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 2	35	6	5	6	18
Змістовний модуль 3. Замкнені системи керування					
Тема 8. Замкнені аналогові системи керування з пропорційним та пропорційно-інтегральним регуляторами швидкості. Методики синтезу регуляторів за критеріями похибки регулювання та забезпечення стійкості.	13	2	1	4	6
Тема 9. Замкнені цифрові системи керування з пропорційним та пропорційно-інтегральним регуляторами швидкості. Функціональні схеми. Алгоритми програм для регуляторів.	9	2	1	0	6
Тема 10. Замкнені системи керування з fuzzy-регулятором (нечіткий регулятор). Методика	11	2	1	2	6

визначення параметрів з використанням застосунок Fuzzy Logic Designer з програмного пакету MATLAB.					
Тема 11. Замкнені системи векторного керування частотним асинхронним електроприводом. Синтез регуляторів струму статора та потокозчеплення ротора.	15	2	2	2	9
Тема 12. Двоконтурні та триконтурні системи підпорядкованого керування. Оптимізація параметрів регуляторів струму, швидкості та положення за показниками перехідних процесів: мінімум перерегулювання та часу регулювання.	15	2	1	2	10
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 3	63	10	6	10	37
Усього годин по модулю 1	135	24	16	16	79

5. Теми семінарських занять

Навчальним планом не передбачено

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи і способи діагностики лінійних та напівпровідникових елементів для систем керування.	2
2	Розрахунок аналогового та імпульсного блоків живлення для систем керування	2
3	Розрахунок аналогових регуляторів на мікросхемах операційних підсилювачів	2
4	Вивчення конструкції, схеми підключень та основ програмування програмованого логічного контролера серії FX3GE виробництва "MITSUBISHI ELECTRIC" (Японія)	2
5	Вивчення схеми підключень мікроконтролера серії АТмега. Складання програми аналого-цифрового перетворювача	2

6	Вивчення конструкції, схеми підключень та способів налаштування тиристорним реверсивним електроприводом серії КТУ виробництва заводу "Перетворювач" (Україна).	2
7	Вивчення конструкції, схеми підключень та основ програмування перетворювача частоти серії FR-D700 виробництва "MITSUBISHI ELECTRIC" (Японія)	2
8	Підсумкове заняття	2
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні роботи виконуються в програмному середовищі MATLAB

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження передатних функцій динамічних ланок систем керування електроприводами.	2
2	Дослідження похибки регулювання розімкненої системи керування електроприводом.	2
3	Дослідження показників регулювання замкненої системи керування з пропорційним регулятором швидкості.	2
4	Дослідження показників регулювання замкненої системи керування з пропорційно-інтегральним регулятором швидкості.	2
5	Дослідження системи векторного керування частотним асинхронним електроприводом.	2
6	Дослідження показників регулювання двоконтурної системи підпорядкованого керування електроприводом.	2
7	Дослідження показників регулювання триконтурної системи підпорядкованого керування електроприводом.	2
8	Підсумкове заняття	2
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Динамічні характеристики напівпровідникових елементів в перехідних режимах.	7
2	Аналого-цифрові перетворювачі з порозрядним врівноваженням.	8
3	Динамічні характеристики датчиків для систем керування	8
4	Показники якості регулювання нелінійних систем керування	8
5	Системи фазо-імпульсного керування для 12-пульсних тиристорних випрямлячів	8
6	Системи скалярного керування частотним асинхронним електроприводом з інвертором струму	8
7	Типові нелінійні елементи в системах керування електроприводами.	8
8	Методи синтезу цифрових регуляторів швидкості	8
9	Методи синтезу нечітких регуляторів швидкості	6
10	Функціональні схеми для перетворення поточкозчеплення в сигнал напруги	5
11	Триконтурні системи підпорядкованого керування з пропорційно-інтегральним регулятором положення	5
	Разом	79

9. Індивідуальне завдання

Не передбачено навчальним планом

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	0...3	3	0...9
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...3	3	0...9
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	2	0...10
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Усього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з двох теоретичних запитань та практичної задачі.

Максимальна кількість балів за теоретичне питання №1- 30.

Максимальна кількість балів за теоретичне питання №2- 20.

Максимальна кількість балів за практичне питання - 50.

Максимальна кількість балів за іспит – 100.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі лабораторні роботи та розрахункову роботу. Знати способи регулювання швидкості двигунів постійного і змінного струмів.

Добре (75-89). Твердо показати мінімум знань, захистити всі лабораторні роботи та розрахункову роботу на оцінку "добре".

Відмінно (90-100). захистити всі лабораторні роботи та розрахункову роботу з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Безпомилково захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Електропривід та системи керування» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / уклад. Н.П. Савченко, А.Г. Кислий. – Харків: НАУ ім. М. Є. Жуковського "ХАІ", 2024.– 79с.

2. Електричні машини/ А. О. Бояркін, Е. А. Галіцин, М. В. Гаранжа, О. М. Косиченко. – Навч. посібник з лабораторного практикуму. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 47 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Колб Ант. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.

2. Лавріненко Ю.М.. Електропривод: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко. – К.: Видавництво «Ліра-К», 2009. – 504 с.

3. Попович М. Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. Електромеханічні системи керування та електроприводи: навч. посібник. / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – К.: Либідь, 2005. – 680с.

4. Шевченко І.С., Морозов Д.І. Електромеханічні системи в асинхронному електроприводі: Навч. посібник / І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – Алчевськ: ДонДТУ, 2009. – 349 с.

5. Худяєв О. А. Основи частотного керування асинхронним електроприводом / О. А. Худяєв, І. В. Обруч, Л. В. Асмолова. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХП», 2023. – 176 с.

6. Панкратов А.І. Системи керування електроприводами. : Навч. посібник з дисципліни «Системи керування електроприводами». – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 225 с.

Допоміжна

1. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с.
2. G. G. Zhemerov, V. V. Ivakhno, O. I. Koval'chuk. Calculation of the power loss and temperature of the structure of transistor-diode modules in computer simulation converters. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2011, no. 4, pp. 21-29.
3. Донець О. В. Теорія електропривода : конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / В. І. Колотіло, О. В. Донець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 148 с.
4. Plakhtii, O. A., Nerubatskyi, V. P., Hordiienko, D. A., & Khoruzhevskyi, H. A. (2020). Calculation of static and dynamic losses in power IGBT-transistors by polynomial approximation of basic energy characteristics. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 82-88.
<https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/082>
5. V. P. Nerubatskyi, O. A. Plakhtii, D. V. Tugay, D. A. Hordiienko. Method for optimization frequency in frequency convertor *Nakoviy visnyk natsionalnogo girnichogo universitetu* 2021№1 pp. 103-111
<https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/103>.
6. Bimal K. Bose. *Power Electronics and Motor Drives Advances and Trends*. Tennessee Academic Press is an imprint of Elsevier, Burlington, USA 2006. 901 p.

15. Інформаційні ресурси

15. Інформаційні ресурси

Сайт університету <http://www.khai.edu>

Сайт кафедри <http://www.k305.edu>