

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)

Наталія САВЧЕНКО
(ім'я та прізвище)

« 30 » серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Електропривод та системи керування. Частина 1.

(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.

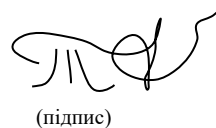
Завідувач кафедри д.т.н., професор



Р. М. Тріш

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Студент гр. 339



(підпис)

Микола Тодоров
(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 – 5	Галузь знань 14 <u>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 – 5		2024/2025
Індивідуальне завдання <u>Розрахункова робота</u> <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин – 72 /150		<u>5-й</u>
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи здобувача – 4,8		Лекції*
		32 години
		Практичні, семінарські*
	24 години	
	Лабораторні*	
	16 годин	
	Самостійна робота	
	78 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 72/78

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування знань про фізичні властивості електроприводу, як об'єкта автоматичного керування, його енергетичних характеристик та одержання ґрунтовних теоретичних знань з урахуванням сучасного стану і основних напрямів розвитку електропривода.

Завдання: набуття системи знань з питань проектування та розрахунку сучасного електроприводу, його динамічних та енергетичних властивостей, принципів управління.

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.

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.

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, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПРН23. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

Очікувані результати навчання:

В результаті вивчення дисципліни «Електропривод та системи керування.

Ч.1 » студент повинен

знати:

- конструкцію та принцип дії електродвигунів;
- способи регулювання швидкості електродвигунів та відповідні графіки

механічних характеристик;

вміти:

- розраховувати механічні характеристики двигунів для відповідних способів регулювання швидкості в рушійних та в гальмівних режимах;
- складати принципові електричні релейно-контакторні схеми та схеми підключення двигунів до напівпровідникових перетворювачів.

Пререквізити: Технічна механіка. Електротехніка. Теоретичні основи автоматики. Електричні машини. Електричні апарати.

Кореквізити: Електричні системи та мережі. Електрична частина станцій і підстанцій. Відновлювана енергетика та технології зберігання енергії. Мікропроцесорні пристрої.

Постреквізити: Електропривід та системи керування. Ч.2. Електропривід та системи керування (КР). Основи електропостачання. Енергоефективні технології в енергетиці. Виробнича практика. Кваліфікаційна робота.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Основи електропривода

Змістовний модуль 1. Регульовальні характеристики електроприводів

Тема 1. Рівняння електромеханічного перетворення енергії двигуном постійного струму (ДПС) в ustalених режимах. Три способи регулювання швидкості ДПС. Механічні та електромеханічні характеристики.

Тема 2. Розрахунок та побудова механічних характеристик ДПС при регулюванні опору в колі якоря, напруги якоря та струму збудження.

Електро механічні характеристики ДПС при гальмуванні: динамічному, рекуперативному та противмикання.

Тема 3. Схемотехніка електроприводів постійного струму з релейно-контакторним керуванням. Схеми пуску, реверсу, регулювання швидкості та режимів гальмування. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.

Тема 4. Електро механічне перетворення енергії в асинхронному двигуні (АД). Електромагнітний момент АД як результат взаємодії магнітних полів статора і ротора згідно закону Ампера. Три способи регулювання швидкості АД.

Тема 5. Приведення параметрів обмотки ротора до обмотки статора. Т-подібна та Г-подібна заступні схеми асинхронного двигуна. Електромагнітний момент двигуна через теплову потужність заступної схеми. Формула Клоса.

Тема 6. Розрахунок та побудова механічних характеристик АД при регулюванні опору в колі ротора, напруги і частоти в колі статора та кількості пар полюсів. Електро механічні характеристики АД при гальмуванні: динамічному, рекуперативному та противмикання.

Тема 7. Схемотехніка асинхронних електроприводів з короткозамкненим і з фазним ротором з релейно-контакторним керуванням. Схеми пуску, реверсу, регулювання швидкості та режимів гальмування. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.

Змістовний модуль 2. Електроприводи з напівпровідниковими перетворювачами.

Тема 8. Загальна характеристика напівпровідникових перетворювачів параметрів електроенергії. Енергетичні показники: коефіцієнт корисної дії та коефіцієнт потужності.

Тема 9. Електроприводи постійного струму з керованим та напівкеруваним, з однофазним та трифазним тиристорним випрямлячами. Силкові схеми випрямлячів.

Тема 10. Енергетика тиристорного електроприводу постійного струму. Вплив пульсацій струму на коефіцієнт корисної дії та на механічну потужність на валу.

Тема 11. Електропривод з транзисторним перетворювачем постійної напруги. Силкові схеми. Енергетика транзисторного електроприводу, оптимізація частоти комутації транзистора по критерію мінімуму електричних втрат.

Тема 12. Асинхронний електропривод з частотним керуванням. Закони частотного керування в залежності від характеру навантаження. Закон Костенко. Механічні характеристики. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.

Тема 13. Асинхронний електропривод з перетворювачами напруги. Механічні характеристики. Області застосування. Компенсація реактивної потужності асинхронного електроприводу з тиристорним перетворювачами напруги.

Тема 14. Підвищення коефіцієнта потужності електричних мереж електроприводом за схемою асинхронного вентильного каскаду. Механічні характеристики. Області застосування. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.

Модульний контроль

Змістовий модуль № 3. Спеціальні електроприводи

Тема 15. Синхронні електроприводи з обмотками збудження, з постійними магнітами та реактивні. Механічні характеристики. Області застосування

Тема 16. Електроприводи з вентильним (безколекторним) та кроковим двигуном. Датчик положення ротора на основі ефекту Холла. Механічні характеристики. Області застосування.

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. Основи електропривода					
Змістовний модуль 1. Регульовальні характеристики електроприводів					
Тема 1. Рівняння електромеханічного перетворення енергії двигуном постійного струму (ДПС) в усталених режимах. Три способи регулювання швидкості ДПС. Механічні та електромеханічні характеристики.	8	2	1	0	5
Тема 2. Розрахунок та побудова механічних характеристик ДПС при регулюванні опору в колі якоря, напруги якоря та струму збудження. Електромеханічні характеристики ДПС при гальмуванні: динамічному, рекуперативному та противмикання.	11	2	2	2	5
Тема 3. Схемотехніка електроприводів постійного струму з релейно-контакторним керуванням. Схеми пуску, реверсу, регулювання швидкості та режимів гальмування. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.	9	2	2	0	5

Тема 4. Електромеханічне перетворення енергії в асинхронному двигуні (АД). Електромагнітний момент АД як результат взаємодії магнітних полів статора і ротора згідно закону Ампера. Три способи регулювання швидкості АД.	10	2	1	2	5
Тема 5. Приведення параметрів обмотки ротора до обмотки статора. Т-подібна та Г-подібна заступні схеми асинхронного двигуна. Електромагнітний момент двигуна через теплову потужність заступної схеми. Формула Клоса.	8	2	1	0	5
Тема 6. Розрахунок та побудова механічних характеристик АД при регулюванні опору в колі ротора, напруги і частоти в колі статора та кількості пар полюсів. Електромеханічні характеристики АД при гальмуванні: динамічному, рекуперативному та противмикання.	11	2	2	2	5
Тема 7. Схемотехніка асинхронних електроприводів з короткозамкненим і з фазним ротором з релейно-контакторним керуванням. Схеми пуску, реверсу, регулювання швидкості та режимів гальмування. Коефіцієнт корисної дії електроприводів	8	2	1	0	5
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 1	65	14	10	6	35
Змістовний модуль 2. Електроприводи з напівпровідниковими перетворювачами					
Тема 8. Загальна характеристика напівпровідникових перетворювачів параметрів електроенергії. Енергетичні	8	2	1	0	5

показники: коефіцієнт корисної дії та коефіцієнт потужності.					
Тема 9. Електроприводи постійного струму з керованим та напівкерованим, з однофазним та трифазним тиристорним випрямлячами. Силові схеми випрямлячів.	11	2	2	2	5
Тема 10. Енергетика тиристорного електроприводу постійного струму. Вплив пульсацій струму на коефіцієнт корисної дії та на механічну потужність на валу.	10	2	1	2	5
Тема 11. Електропривод з транзисторним перетворювачем постійної напруги. Силові схеми. Енергетика транзисторного електроприводу, оптимізація частоти комутації транзистора по критерію мінімуму електричних втрат.	11	2	2	2	5
Тема 12. Асинхронний електропривод з частотним керуванням. Закони частотного керування в залежності від характеру навантаження. Закон Костенко. Механічні характеристики. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.	11	2	2	2	5
Тема 13. Асинхронний електропривод з перетворювачами напруги. Механічні характеристики. Області застосування. Компенсація реактивної потужності асинхронного електроприводу з тиристорним перетворювачами напруги.	11	2	2	2	5
Тема 14. Підвищення коефіцієнта потужності електричних мереж електроприводом за схемою асинхронного вентильного каскаду. Механічні характеристики. Облас-	7	2	0	0	5

ті застосування.. Коефіцієнт корисної дії електроприводів.					
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 2	69	14	10	10	35
Змістовий модуль № 3. Спеціальні електроприводи					
Тема 15. Синхронні електроприводи з обмотками збудження, з постійними магнітами та реактивні. Механічні характеристики. Області застосування.	9	2	2	0	5
Тема 16. Електроприводи з вентильним (безколекторним) та кроковим двигуном. Датчик положення ротора на основі ефекту Холла. Механічні характеристики. Області застосування.	7	2	2	0	3
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 3	16	4	4	0	8
Усього годин по модулю 1	150	32	24	16	78

5. Теми семінарських занять

Навчальним планом не передбачено

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок та побудова механічних характеристик двигуна постійного струму (ДПС) паралельного збудження при реостатному пуску та динамічному гальмуванні.	2
2	Розрахунок та побудова електромеханічних характеристик ДПС НЗ при регулюванні напруги, що подається на якірне коло.	2
3	Розрахунок параметрів заступної схеми асинхронного двигуна (АД) за каталожними даними.	2
4	Розрахунок механічних характеристик АД з короткозамкненим ротором при регулюванні напруги статора.	2

5	Розрахунок механічних характеристик АД з фазним ротором при регулюванні опору у колі ротора.	2
6	Розрахунок механічних характеристик асинхронного двигуна при частотному керуванні.	2
7	Розрахунок механічних характеристик асинхронного двигуна при динамічному гальмуванні	2
8	Вивчення схем релейно-контакторного керування асинхронним двигуном за схемою асинхронного вентильного каскаду	2
9	Вивчення схем релейно-контакторного керування синхронним двигуном з обмоткою збудження ротора	2
10	Вивчення схеми керування вентильним (безколекторним) двигуном з датчиком Холла положення ротора.	2
11	Вивчення силових схем електроприводів з кроковими двигунами	2
12	Підсумкове заняття	2
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні роботи виконуються в програмному середовищі MATLAB

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Механічні характеристики електропривода постійного струму при регулюванні опору у колі якоря.	2
2	Механічні характеристики електропривода постійного струму при регулюванні напруги якоря.	2
3	Механічні характеристики асинхронного електропривода з короткозамкненим ротором при регулюванні напруги статора.	2
4	Механічні характеристики асинхронного електропривода з короткозамкненим ротором при регулюванні частоти статора.	2
5	Механічні характеристики асинхронного електропривода з фазним ротором при регулюванні опору у колі ротора.	2
6	Дослідження тиристорного електропривода постійного струму.	2
7	Дослідження транзисторного електропривода постійного струму.	2
8	Підсумкове заняття	2
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рекуперативне гальмування електроприводів постійного струму.	8
2	Регулювання швидкості електроприводів постійного струму зміною струму збудження.	8
3	Електроприводи з двигуном постійного струму послідовного збудження.	8
4	Гальмування електроприводів постійного струму противмиканням.	8
5	Електроприводи постійного струму з напівпровідниковими перетворювачами	8
6	Інверторні режими реверсивних тиристорних електроприводів.	8
7	Режим переривистих струмів тиристорних електроприводу постійного струму.	8
8	Способи формування напруги статора асинхронного електропривода з частотним керуванням.	8
9	Схемотехніка тиристорних асинхронних електроприводів з регулюванням напруги статора.	8
10	Схемотехніка електроприводів з вентильними та кроковими двигунами	6
	Разом	78

9. Індивідуальне завдання

Розрахункова робота на тему «Розрахунок та побудова природних та штучних характеристик електроприводу з двигунами постійного та змінного струму»

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 контрольної 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. – Харків: НАУ «ХАІ», 2024.– 21с.

3. 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 «ХПІ», 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., Сісюк 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. Колотило, 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 visnik 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.
7. Vinod Kumar, Ranjan Kumar Behera, Dheeraj Joshi, Ramesh Bansal. *Power Electronics, Drives and advanced Application*, - CRC Press, London. 2014. 509 p.

15. Інформаційні ресурси

15. Інформаційні ресурси

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

Сайт кафедри <http://www.k305.edu>