

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра автоматики та електроустаткування

T7624



ЗАТВЕРДЖЕНО

Заступник директора з
навчальної роботи
к.т.н., проф. Дудченко О.М.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Fundamentals of the theory of electric drives

рівень вищої освіти	<i>перший (бакалаврський)</i>
тип дисципліни	<i>обов'язкова</i>
мова(и) викладання	<i>українська</i>

Херсон – 2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи теорії електроприводів» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 15 - «Автоматизація та приладобудування», спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійна програма «Автоматизоване управління технологічними об'єктами та комплексами»
„ 27 ” серпня 2023 року. – 57 с.

Розробник: Філіпчук О.М., старший викладач кафедри автоматики та електроустаткування

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теорії електроприводів» узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми

«Автоматизоване управління технологічними об'єктами та комплексами»

канд. техн. наук, доцент

 В.А. Надточій

Проект робочої програми навчальної «Основи теорії електроприводів» розглянуто на засіданні кафедри автоматики та електроустаткування

Протокол №01 від « 28 » серпня 2023 р.

Завідувач кафедри

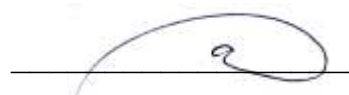
канд. техн. наук, доцент

 А.В. Надточій

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи теорії електроприводів» затверджена методичною радою ХННІ НУК

Протокол №01 від « 29 » серпня 2023 р.

Голова НМР ХННІ НУК

 О.М. Дудченко

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	7
3. Передумови для вивчення дисципліни	8
4. Очікувані результати навчання	8
5. Програма навчальної дисципліни	9
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	30
7. Форми поточного та підсумкового контролю	31
8. Критерії оцінювання результатів навчання	37
9. Засоби навчання	40
10. Рекомендовані джерела інформації	40
Додаток 1	43
Додаток 2	45

ВСТУП

Анотація

Освітньо-професійною програмою «Автоматизоване управління технологічними об'єктами та комплексами» підготовки бакалаврів передбачено набуття здобувачами вищої освіти знань про основи електромеханічного перетворення енергії, взаємодію електромеханічного перетворювача та механічної частини технологічних об'єктів, вмінь визначення механічних та електромеханічних характеристик, енергетичних показників для обґрунтованого вибору способів регулювання змінних при розробці, налагодженні та експлуатації автоматизованих електроприводів технологічних об'єктів, комплексів і транспортних засобів.

Програма навчальної дисципліни «Основи теорії електроприводів» розрахована на здобувачів вищої освіти, які вивчили вищу математику; фізику, основи метрології і електричних вимірів; теоретичні основи електротехніки; електричні машини; основи автоматичного регулювання і управління. Програма передбачає комплексне застосування набутих компетенцій для розв'язання прикладних задач з вибору ефективного устаткування електромеханічного перетворення енергії в технологічних об'єктах та проводити аналіз ефективності прийнятих проєктних рішень.

Дисципліна «Основи теорії електроприводів» носить міждисциплінарний характер, вона забезпечує підготовку здобувачів вищої освіти до вивчення навчальних дисциплін “Системи керування технологічними об'єктами і енерготехнічними процесами”, “Основи електроенергетики та енергозбереження в автоматизованих енергетичних комплексах” та “Мікропроцесорні комплекси і системи діагностики, контролю та керування технологічними процесами”, а також розробку відповідних розділів кваліфікаційної випускної роботи бакалавра.

Ключові слова: механічна частина електроприводу, електромеханічні перетворювачі, механічні та електромеханічні характеристики, режими роботи електродвигунів, навантажувальні та швидкісні діаграми, постійні та змінні втрати, енергетичні показники електроприводу.

Annotation

The educational and professional program "Automated control of technological objects and complexes" of bachelor's training envisages the acquisition by students of higher education of knowledge about the basics of electromechanical energy conversion, the interaction of the electromechanical converter and the mechanical part of technological objects, the ability to determine mechanical and electromechanical

characteristics, energy indicators for justified selection of variable control methods in the development, adjustment and operation of automated electric drives of technological objects, complexes and vehicles.

The program of the study discipline "Fundamentals of the theory of electric drives" is designed for students of higher education who have studied higher mathematics; physics, basics of metrology and electrical measurements; theoretical foundations of electrical engineering; electric machines; basics of automatic regulation and control. The program provides for the complex application of the acquired competences for solving applied problems of choosing effective electromechanical energy conversion equipment in technological facilities and conducting an analysis of the effectiveness of the adopted project decisions.

The discipline "Fundamentals of the theory of electric drives" is interdisciplinary in nature, it provides the preparation of students of higher education to study the educational disciplines "Management systems of technological objects and power engineering processes", "Fundamentals of electric power engineering and energy saving in automated power systems" and "Microprocessor complexes and diagnostic systems, control and management of technological processes", as well as the development of relevant sections of the bachelor's qualification thesis.

Keywords: mechanical part of the electric drive, electromechanical converters, mechanical and electromechanical characteristics, operating modes of electric motors, load and speed diagrams, constant and variable losses, energy indicators of the electric drive.

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 9	Галузь знань 15 - «Автоматизація та приладобудування»	обов'язкова	
Модулів – 4		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		3,4-й	3,4-й
Електронний адрес на сайті ХННІ НУК:	<p style="text-align: center;">Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма: «Автоматизоване управління технологічними об'єктами та комплексами»</p>	Семестр	
http://kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/b-automation-and-computer-integrated-technologies-b.html		6,7-й	6,7-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання “Розв’язання прикладних задач електроприводу на комп’ютері”		Лекції	
		6-й семестр – 30 год. 7-й семестр – 30 год.	– 10 год. – 10 год.
		Практичні	
		6-й семестр – 30 год. 7-й семестр – 30 год.	– 4 год. – 8 год.
		Лабораторні	
		6-й семестр – 15 год. 7-й семестр – 15 год.	– 2 год. – 4 год.
		Самостійна робота	
		6-й семестр – 15 год. 7-й семестр – 15 год.	– 74 год. – 68 год.
Загальна кількість годин – 270	Індивідуальні завдання: – 90 год.		
	Вид контролю: 6-й семестр – екзамен 7-й семестр – екзамен, курсний проект		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 6-й семестр – 5 7-й семестр – 5 самостійної роботи здобувача 6-й семестр – 1 7-й семестр – 7	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Форма контролю:	
		комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Основи теорії електроприводів» є опанування теорією різних типів електроприводів постійного та змінного струму, вивчення особливостей розрахунку електроприводів з лінійною та нелінійною характеристиками, оволодіння методами дослідження перехідних процесів, оволодіння теорією розрахунку енергетичних характеристик електроприводів та набуття знань з експлуатації автоматизованих електроприводів технологічних об'єктів, комплексів і транспортних засобів. Згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 04.10.2018 року № 1071 вивчення означеної дисципліни сприятиме формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Інтегральна компетентність

– здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів галузі.

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

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

ФК12. Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях.

ФК15. Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

ФК18. Здатність проектування систем автоматизації з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів.

ФК22*. Здатність планувати і розробляти проекти у сфері автоматизації технологічних об'єктів та процесів у різних галузях діяльності, здійснювати програмне, математичне, інформаційне та організаційне забезпечення.

ФК23*. Розуміння сутності та основ автоматизованих систем керування технологічних об'єктів та процесів у різних галузях діяльності, застосування енергозберігаючих технологій в об'єктах та процесах автоматизації.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: вища математика; фізика, основи метрології і електричних вимірів; теоретичні основи електротехніки; електричні машини; основи автоматичного регулювання і управління.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувача вищої освіти таких результатів навчання:

ПР02. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації.

ПР04. Розуміти сутність процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

ПР05. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

ПР07. Вміти застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних технологічних параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

ПР08. Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

ПР011. Вміти виконувати роботи з проектування систем автоматизації, знати зміст і правила оформлення проектних матеріалів, склад проектної документації та послідовність виконання проектних робіт з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів.

ПР015*. Вміти застосовувати на практиці інструментальні засоби для реалізації і модернізації систем автоматизації технологічних об'єктів та комплексів промислових підприємств і підприємств морегосподарського комплексу.

5. Програма навчальної дисципліни

6-й семестр

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Механічна частина електроприводу

Тема 1. Функціональна, кінематична та розрахункова схеми електроприводу.

Визначення та класифікація електроприводів. Функціональна схема привода. Кінематичної схема й елементи системи привода. Розрахункові схеми механічної частини електропривода.

Джерела інформації: [1] с. 23-30; [2] с. 26-28; [5] с. 8-9.

Тема 2. Типові статичні навантаження електроприводу.

Статичні навантаження електропривода. Активні сили й моменти. Реактивні сили й моменти. Наведений статичний момент.

Джерела інформації: [1] с. 30-39; [2] с. 29-31; [5] с. 9-21.

Тема 3. Рівняння рушення електроприводу.

Рівняння руху електропривода. Аналіз режимів роботи електропривода.

Джерела інформації: [1] с. 39-46; [2] с. 38-47; [5] с. 22-32.

Тема 4. Механічна частина електроприводу як об'єкт керування. Механічні перехідні процеси електроприводу.

Структурна схема тримасової пружної системи. Структурні схеми двомасової пружної механічної системи. Подання механічної частини електропривода у вигляді твердої наведеної ланки. Перехідний процес пуску електропривода при експоненціальній залежності $M(t)$. Перехідні процеси електропривода при $M=const$.

Джерела інформації: [1] с. 46-68.

Змістовий модуль 2. Електромеханічні властивості електродвигунів постійного струму з незалежним збудженням.

Тема 5. Математичний опис процесів перетворення енергії в двигуні постійного струму з незалежним збудженням.

Загальні відомості. Модель двофазної узагальненої машини. Математичний опис процесів перетворення енергії у двигуні постійного струму з незалежним збудженням.

Джерела інформації: [1] с. 107-112.

Тема 6. Природні характеристики двигуна з незалежним збудженням. Штучні статичні характеристики і режими роботи двигуна з незалежним збудженням.

Природна механічна характеристика двигуна. Природні характеристики компенсованих і некомпенсованих двигунів постійного струму з незалежним збудженням. Реостатні характеристики двигуна з незалежним збудженням. Електромеханічні і механічні характеристики двигуна з незалежним порушенням при ослабленні поля. Механічні характеристики двигуна з незалежним збудженням при $U_{\text{я}} = \text{var}$. Режими роботи двигуна з незалежним збудженням.

Джерела інформації: [1] с. 112-119, 119-127; [2] с. 48-57; [5] с. 49-54.

Тема 7. Динамічні властивості електромеханічного перетворювача з незалежним збудженням.

Математичний опис і структурна схема електромеханічного перетворювача з незалежним збудженням. Динамічна механічна характеристика двигуна з незалежним збудженням у режимі сталих коливань. Частотні характеристики динамічної твердості електромеханічного перетворювача з незалежним збудженням.

Джерела інформації: [1] с. 128-135; [2] с. 58-65; [5] с. 56-60, 70-77.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Електромеханічні властивості електродвигунів з послідовним та змішаним збудженням.

Тема 8. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в двигуні з послідовним збудженням. Природні та штучні механічні й електромеханічні характеристики.

Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії у двигуні з послідовним збудженням. Механічні і електромеханічні статичні характеристики двигуна з послідовним збудженням. Характеристики двигуна постійного струму послідовного збудженням при різних напругах живлення $U_{\text{я}}$. Умови самозбудження двигуна з послідовним збудженням. Динамічне гальмування із самозбудженням двигуна з послідовним збудженням.

Джерела інформації: [1] с. 135-137; [2] с. 65-67; [5] с. 80-54.

Тема 9. Динамічні властивості електромеханічного перетворювача з послідовним збудженням. Особливості статичних характеристик двигунів з змішаним збудженням.

Динамічні властивості електромеханічного перетворювача з послідовним збудженням. Структурна схема лінійаризованого електромеханічного перетворювача із послідовним збудженням. Передатна функція динамічної твердості механічної характеристики. Схема включення і характеристика намагнічування двигуна змішаного порушення. Статичні природні характеристики двигуна зі змішаним збудженням.

Джерела інформації: [1] с. 145-148, 148-150; [2] с. 70-74; [5] с. 85-87, 95-106.

Тема 10. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в асинхронному електродвигуні.

Схеми трифазного асинхронного двигуна і його двофазної моделі. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії. Схеми заміщення фази і векторна діаграма асинхронного двигуна. фізичні причини, що визначають характер залежності моменту двигуна від ковзання. Природна механічна і електромеханічна характеристики асинхронного двигуна. Режими гальмування асинхронного двигуна.

Джерела інформації: [1] с. 151-153, 154-166; [2] с. 74-78; [5] с. 110-116.

Тема 11. Механічні та електромеханічні статичні характеристики асинхронних двигунів.

Штучні характеристики асинхронних двигунів. Вплив конструкції ротора на статичні механічні характеристики асинхронних двигунів. Динамічні властивості асинхронних двигунів при живленні від джерела напруги.

Джерела інформації: [1] с. 154-166; [2] с. 78-82; [5] с. 117-125.

Тема 12. Динамічні властивості асинхронних двигунів при живленні від джерела напруги. Режим динамічного гальмування асинхронних двигунів.

Структурна схема електромеханічного перетворення енергії в асинхронному двигуні. Закон частотного керування $U_1/f_1 = const$. Механічні характеристики асинхронного двигуна при живленні від джерела напруги при $f_1 = var$. Режим динамічного гальмування асинхронних двигунів.

Джерела інформації: [1] с. 167-173; [5] с. 130-137.

Змістовий модуль 4. Електромеханічні властивості електродвигунів змінного струму. Динаміка узагальненої розімкненої електромеханічної системи.

Тема 13. Узагальнена електромеханічна система з лінійаризованою механічною характеристикою. Динамічні властивості електроприводу з лінійною механічною характеристикою при жорстких механічних зв'язках.

Динаміка узагальненої розімкненої електромеханічної системи. Узагальнена електромеханічна система з лінеаризованими механічними характеристиками. Структурна схема узагальненої системи електропривода з двигуном, що має лінійною механічну характеристикою. Структурна схема синхронного електропривода при лінеаризації. динамічні властивості електроприводу з лінійною механічною характеристикою при жорстких механічних зв'язках. Частотні і тимчасові характеристики електропривода з лінійною механічною характеристикою при $m > 4$. Частотні і тимчасові характеристики електропривода з лінійною механічною характеристикою при $m = 4$. Частотні і тимчасові характеристики електропривода з лінійною механічною характеристикою при $m < 4$.

Джерела інформації: [1] с. 200-217.

Тема 14. *Перехідні процеси електроприводу й методи їх аналізу.*

Стійкість статичного режиму роботи електропривода. Перехідні процеси електроприводу. Перехідні процеси оптимальні по швидкодії при обмеженні моменту. Перехідні процеси оптимальні по швидкодії при обмеженні прискорення. Перехідні процеси оптимальні при обмеженні моменту або прискорення й ривка. Методи аналізу перехідних процесів електроприводу.

Джерела інформації: [1] с. 217-238; [2] с. 266-267, 301-303; [5] с. 80-54, 208-213.

Тема 15. *Перехідні процеси електроприводу з лінійною механічною характеристикою при $\omega_0 = const$.*

Перехідні процеси електропривода при твердих механічних зв'язках. Механічна характеристика і перехідні процеси електропривода при $T_3=0$. Реостатний пуск електропривода з лінійною механічною характеристикою. Залежності $\omega=f(M)$ і $M=f(t)$ при реверсі. Залежності $\omega(M)$ і графіки перехідних процесів для режиму динамічного гальмування.

Джерела інформації: [1] с. 238-252; [2] с. 267-285, 303-312; [5] с. 213-217, 235-238.

7-й семестр

Модуль 3

Змістовий модуль 5. Перехідні процеси електроприводу з лінійною механічною характеристикою

Тема 16. *Перехідні процеси електроприводу з лінійною механічною характеристикою коли $\omega_0 = f(t)$.*

Перехідний процес зміни швидкості при лінійному законі зміни $\omega_0(t)$. Механічні характеристики і графіки перехідного процесу пуску при $\omega_0 = \varepsilon_0 t$. Механічні характеристики і графіки ω , $M(t)$ при реверсі з активним M_c . Електромеханічні характеристики і графіки u_a , e , $i_a = f(t)$ при реверсі з реактивним M_c . Перехідні процеси електропривода при експоненціальній зміні u_a .

Джерела інформації: [1] с. 252-263; [2] с. 285-291, 312-325; [5] с. 217-218, 238-240.

Тема 17. *Перехідні процеси електроприводу з асинхронним короткозамкненим електродвигуном.*

Перехідний процес пуску асинхронного короткозамкненого електродвигуна шляхом включення на мережу. Перехідний процес пуску асинхронного двигуна при $m \approx 1$ й $M_c = 0$.

Джерела інформації: [1] с. 263-271; [2] с. 291-301; [5] с. 218-226, 240-247.

Тема 18. *Особливості багатодвигунного електроприводу. Диференціальний електропривод. Система генератор-двигун.*

Взаємозалежний (взаємозв'язаний) електропривод. Особливості багатодвигунового електропривода. Схема дводвигунового електропривода і його механічні характеристики. Паралельне і послідовне включення якорів двигунів постійного струму. Диференціальний електропривод і його механічні характеристики. Система генератор-двигун.

Джерела інформації: [1] с. 279-299; [2] с. 93-102, 114-116, 210-238.

Тема 19. *Система тиристорний перетворювач - двигун. Система перетворювач частоти - асинхронний двигун.*

Система тиристорний перетворювач – двигун. Схема заміщення і характеристики системи ТП — Д. Структурні схеми системи ТП-Д. Система перетворювач частоти - асинхронний двигун. Схема електропривода з електромеханічним перетворювачем частоти. Схеми асинхронного електропривода з перетворювачами частоти і векторна діаграма. Динамічні властивості системи ПЧ

— АД як об'єкта керування. Частотно-струмове керування АД. Структурна схема лінійаризованої системи ПЧ – АД. Узагальнена система керування перетворювач-двигун

Джерела інформації: [1] с. 299-331; [2] с. 116-185; [5] с. 183-190, 247-256.

Змістовий модуль 6. Регулювання моменту електроприводів

Тема 20. Реостатне регулювання моменту в електроприводі.

Загальні відомості. Реостатне регулювання моменту. Схеми реостатного регулювання моменту в електроприводах постійного та змінного струму і їх механічні характеристики. Релейна схема реостатного регулювання моменту та характеристика релейного елемента. Залежність $i_d = f(t)$ і механічні характеристики електроприводу.

Джерела інформації: [1] с. 326-333; [2] с. 239-241; [5] с. 80-54.

Тема 21. Автоматичне регулювання моменту в електроприводах. Частотне регулювання моменту асинхронного електропривода.

Автоматичне регулювання моменту в системі тиристорний перетворювач-двигун. Структурна схема електропривода зі зворотним зв'язком по моменту. Механічні характеристики при автоматичному регулюванні моменту. Аналіз впливу зворотного зв'язка по моменту (струму) на коливальність електропривода при жорстких механічних зв'язках. Логарифмічні амплітудно-частотні характеристики розімкнутого контуру регулювання моменту при $T_{II} \gg T_{\Sigma}$. Частотне регулювання моменту асинхронного електроприводу. Структурна схема лінійаризованої системи ПЧ – АД. Частотне регулювання моменту з інвертором напруги і інвертором струму. Механічні характеристики та структурна схема при частотному регулюванні моменту.

Джерела інформації: [1] с. 336-343, 357-361; [2] с. 106-124.

Тема 22. Реостатне регулювання швидкості. Схеми шунтування якоря двигуна постійного струму з незалежним збудженням.

Загальні відомості. Реостатне регулювання швидкості. Реостатне регулювання швидкості в розімкненій системі. Схема и механічні характеристики асинхронного електропривода при реостатному автоматичному регулюванні швидкості. Структурні схеми та ЛАЧХ розімкненого контуру регулювання швидкості. Потенціометрична схема регулювання швидкості двигунів з незалежним збудженням. Характеристики схеми шунтування якоря двигуна з незалежним збудженням при $R_{доб} = \text{const}$, $R_{ш} = \text{var}$ і при $R_{ш} = \text{const}$, $R_{доб} = \text{var}$. Схеми шунтування якоря двигуна з послідовним збудженням і відповідні електромеханічні та механічні характеристики.

Джерела інформації: [1] с. 326-333; [2] с. 106-113, 242-257; [5] с. 60-70.

Модуль 4

Змістовий модуль 7. Регулювання швидкості електроприводів

Тема 23. Регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням зміною магнітного потоку.

Регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням зміною магнітного потоку. Схема включення двигуна при регулюванні швидкості ослабленням поля. Електромеханічні та механічні характеристики двигуна постійного струму з незалежним збудженням при ослабленні поля. Принципова та структурна схеми системи автоматичного регулювання швидкості дією на потік двигуна. Принципова та структурна схеми системи ДС—Д, замкнутої зв'язком по швидкості. Механічні характеристики при регулюванні швидкості і напруги в системі ДС—Д. Структурна схема регулювання швидкості в системі ДС-Д.

Джерела інформації: [1] с. 405-417; [2] с. 102-105, 251-255; [5] с. 64-67.

Тема 24. Регулювання швидкості асинхронного електроприводу шляхом зміни напруги на статорі. Особливості частотного регулювання швидкості асинхронного електроприводу.

Способи регулювання швидкості асинхронного електроприводу. Регулювання швидкості асинхронного електроприводу шляхом зміни напруги на статорі. Регулювання швидкості в системі ТРН-АД. Механічні характеристики асинхронного електропривода при автоматичному регулюванні швидкості зміною напруги. Схема та механічні характеристики при автоматичному регулюванні швидкості дводвигунового асинхронного електропривода. Схеми та характеристики асинхронного двигуна при переключенні числа пар полюсів. Особливості частотного регулювання швидкості асинхронного електроприводу. Схеми та механічні характеристики асинхронного електропривода при частотному регулюванні швидкості.

Джерела інформації: [1] с. 290-298, 377-388, 417-433; [2] с. 112-127, 141-152; [5] с. 141-153;

Тема 25 Регулювання швидкості асинхронних електродвигунів в каскадних схемах.

Каскадні схеми регулювання швидкості асинхронного електропривода. Каскади з однозонним регулюванням швидкості. Схема та механічні характеристики машинно-вентильного електричного каскаду. Схема асинхронно-

вентильного каскада. Схема та механічні характеристики електромеханічного каскаду.

Джерела інформації: [1] с. 434-453; [2] с. 185-193, 264-265.

Змістовий модуль 8. Енергетичні характеристики електроприводів

Тема 26. *Баланс потужностей і енергетичні характеристики електроприводів.*

Загальні відомості. Баланс потужностей і енергетичні характеристики електропривода. енергетичні режими електропривода. Цикловий ККД привода. Аналіз економічності споживання енергії від мережі або автономного джерела живлення.

Джерела інформації: [1] с. 473-483; [2] с. 325-332; [5] с. 273-281.

Тема 27. *Втрати енергії в сталих і перехідних режимах роботи електроприводу.*

Постійні втрати двигунів постійного і змінного струму. Змінні втрати двигунів постійного і змінного струму. Миттєві значення потужності змінних втрат у двигуні постійного струму й у роторі асинхронного двигуна. Баланс потужності у регульованому електроприводі. Методика визначення втрат енергії за час перехідного процесу в нерегульованих приводах, коли вплив, що задає (ω_0), установлюється стрибком.

Джерела інформації: [1] с. 483-504; [2] с. 332-348; [5] с. 281-289.

Тема 28. *Нагрівання і охолодження електродвигунів.*

Нагрівання й охолодження двигунів. Приблизний розподіл температури у повздовжньому та поперечному перерізах асинхронного двигуна. Теплова модель двигуна. Рівняння, що описують статичний тепловий стан двигуна. Епюри температур в усталених режимах нагрівання. Структурні схеми двомасової та одномасової теплових моделей двигуна. Вільна періодична функція втрат і її складові.

Джерела інформації: [1] с. 504-517; [2] с. 348-370; [5] с. 297-307.

Тема 29. *Навантажувальні діаграми електроприводів.*

Номінальний режим двигунів. Тривалий номінальний режим роботи двигунів. Короткочасний номінальний режим роботи двигунів. Повторно-короткочасний номінальний режим роботи двигунів. Навантажувальна діаграма електроприводу.

Джерела інформації: [1] с. 504-517; [2] с. 348-370; [5] с. 297-307.

Тема 30. Вибір по потужності двигунів номінального тривалого режиму, повторно-короткочасного і короткочасного режимів роботи.

Вибір по потужності двигунів номінального тривалого режиму роботи. Метод еквівалентного струму. Метод еквівалентного моменту Вибір по потужності двигунів номінального короткочасного режиму роботи. Вибір по потужності двигунів номінального повторно-короткочасного режиму роботи. Визначення припустимої частоти включень короткозамкнених асинхронних двигунів

Джерела інформації: [1] с. 532-551; [2] с. 370-387; [5] с. 307-322.

5.1 Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	л.з	п.з	к.п	с.р.		л	л.з	п.з	к.п	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6-й семестр												
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Механічна частина електроприводу												
Тема 1. Функціональна, кінематична та розрахункова схеми електроприводу.	6	2	2	2	-	-	3					3
Тема 2. Типові статичні навантаження електроприводу.	6	2	-	2	-	2	3					3
Тема 3. Рівняння рушення електроприводу.	7	2	2	2	-	1	7	2				5
Тема 4. Механічна частина електроприводу як об'єкт керування. Механічні перехідні процеси електроприводу.	6	2	-	2	-	2	8					8
Змістовий модуль 2. Електромеханічні властивості електродвигунів постійного струму												
Тема 5. Математичний опис процесів перетворення енергії в двигуні постійного струму з незалежним збудженням.	7	2	2	2	-	1	8					8
Тема 6. Природні характеристики двигуна з незалежним збудженням. Штучні статичні характеристики і режими роботи двигуна з незалежним збудженням.	6	2	-	2	-	2	8			2		6
Тема 7. Динамічні властивості електромеханічного перетворювача з незалежним збудженням.	7	2	2	2	-	1	8	2				6
Разом за модулем 1	45	14	8	14	-	9	45	4	-	2	-	39

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Електромеханічні властивості електродвигунів з послідовним та змішаним збудженням.

Тема 8. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в двигуні з послідовним збудженням. Природні та штучні механічні й електромеханічні характеристики.	5	2	-	2		1	6			2		4
Тема 9. Динамічні властивості електромеханічного перетворювача з послідовним збудженням. Особливості статичних характеристик двигунів з змішаним збудженням.	6,5	2	2	2		0,5	5					5
Тема 10. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в асинхронному електродвигуні	5	2	-	2		1	6	2				4
Змістовий модуль 4. Електромеханічні властивості електродвигунів змінного струму. Динаміка узагальненої розімкненої електромеханічної системи												
Тема 11. Механічні та електромеханічні статичні характеристики асинхронних двигунів.	6,5	2	2	2		0,5	6		2			4
Тема 12 Динамічні властивості асинхронних двигунів при живленні від джерела напруги. Режим динамічного гальмування асинхронних двигунів.	4,5	2	-	2		0,5	6	2				4
Тема 13. Узагальнена електромеханічна система з лінійаризованою механічною характеристикою. Динамічні властивості електроприводу з лінійною механічною характеристикою при жорстких механічних зв'язках..	6,5	2	2	2		0,5	5					5
Тема 14. Перехідні процеси електроприводу й методи їх аналізу.	5	2	-	2		1	5					5
Тема 15. Перехідні процеси електроприводу з лінійною механічною характеристикою при $\omega_0 = \text{const}$.	6	2	1	2		1	6	2				4
Разом за модулем 2	45	16	7	16	-	6	45	6	2	2	-	35
Усього за семестр	90	30	15	30	-	15	90	10	2	4	-	74

7-й семестр

Модуль 3

Змістовий модуль 5. Перехідні процеси електроприводу з лінійною механічною характеристикою

Тема 16. Перехідні процеси електроприводу з лінійною механічною характеристикою коли $\omega_0 = f(t)$.	8	2	2	2		1	7					7
Тема 17. Перехідні процеси електроприводу з асинхронним короткозамкненим електродвигуном.	8	2	-	2		2	6	2				4
Тема 18. Особливості багатодвигунного електроприводу. Диференціальний електропривод. Система генератор-двигун.	7	2	2	2		1	6			2		4
Тема 19. Система тиристорний перетворювач - двигун. Система перетворювач частоти - асинхронний двигун.	8	2	-	2		1	6		2			4

Змістовий модуль 6. Регулювання моменту електроприводів

Тема 20. Реостатне регулювання моменту в електроприводі.	7	2	2	2		1	7					7
Тема 21. Автоматичне регулювання моменту в електроприводах. Частотне регулювання моменту асинхронного електропривода.	8	2	-	2		2	7	2				5
Тема 22. Реостатне регулювання швидкості. Схеми шунтування якоря двигуна постійного струму з незалежним збудженням.	8	2	2	2		1	6			2		4
Разом за модулем 3	45	14	8	14	-	9	45	4	2	4	-	35

Модуль 4

Змістовий модуль 7. Регулювання швидкості електроприводів

Тема 23. Регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням зміною магнітного потоку.	8	2	-	2		0,5	4					4
Тема 24. Регулювання швидкості асинхронного електроприводу шляхом зміни напруги на статорі. Особливості частотного регулювання швидкості асинхронного електроприводу.	8	2	2	2		1	6	2				4

Тема 25. Регулювання швидкості асинхронних електродвигунів в каскадних схемах.	10	2	-	2		0,5	6			2		4
Змістовий модуль 8. Енергетичні характеристики електроприводів												
Тема 26. Баланс потужностей і енергетичні характеристики електроприводів.	8	2	2	2		1	5					5
Тема 27. Втрати енергії в сталих і перехідних режимах роботи електроприводу.	10	2	-	2		1	6	2				4
Тема 28. Нагрівання і охолодження електродвигунів.	10	2	2	2		0,5	6		2			4
Тема 29. Навантажувальні діаграми електроприводів.	8	2	-	2		0,5	6			2		4
Тема 30. Вибір по потужності двигунів номінального тривалого режиму, повторно-короткочасного і короткочасного режимів роботи	10	2	1	2		1	6	2				4
Разом за модулем 4	45	16	7	16	-	6	45	6	2	4	-	33
Усього за семестр	90	30	15	30	-	15	90	10	4	8	-	68
Курсовий проект												
	7-й семестр						7-й семестр					
Модуль 3												
Розділ 1. Визначення статичних навантажень і моментів інерції промислових електроприводів.	15				-	15	15				-	15
Розділ 2. Розрахунок і побудова механічних і електро-механічних характеристик обраних двигунів.	15				-	15	15				-	15
Розділ 3. Розрахунок і побудова перехідних процесів в електроприводах.	15				-	15	15				-	15
Модуль 4												
Розділ 4. Визначення часу виконання технологічних операцій і побудова навантажувальної діаграми.	10				-	10	10				-	10
Розділ 5. Перевірка обраних двигунів електроприводів на нагрівання.	10				-	10	10				-	10
Розділ 6. Визначення енергетичних показників електроприводів за цикл роботи.	10				-	10	10				-	10

Оформлення пояснювальної записки та креслень.	13				-	13	13				-	13
Захист курсового проекту.	2				2	-	2				2	-
Разом за етапами курсового проектування	90	-	-	-	2	88	90	-	-	-	2	88
Усього годин	270	60	30	60	2	118	270	20	6	12	2	230

Примітка. Для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання викладаються оглядові лекції за темами змістових модулів в обсягах відповідно до тематичного плану.

5.2. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Семестр 6			
1.	Загальні положення по підготовці до виконання лабораторних робіт. Проведення інструктажу з електробезпеки при використанні лабораторного устаткування.	2	-
2.	Визначення моменту інерції й махового моменту електропривода методом довільного вибігу. [1,3,5], робота 1	2	-
3.	Дослідження статичних режимів та характеристик електропривода постійного струму з двигуном незалежного збудження. [1,3,5], робота 2	2	-
4.	Дослідження статичних режимів та характеристик електропривода постійного струму з двигуном незалежного збудження. [1,3,5], робота 2	2	-
5.	Регулювання швидкості і визначення статичних характеристик двигуна постійного струму з послідовним збудженням. [1,3,5], робота 3	2	2
6.	Дослідження статичних режимів та характеристик електропривода постійного струму з двигуном змішаного збудження. [1,3,5], робота 4	2	-
7.	Дослідження електромеханічних властивостей асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором. [1,3,5], робота 5	3	-
Разом за семестр		15	2
Семестр 7			
1.	Загальні положення по підготовці до виконання лабораторних робіт. Проведення інструктажу з електробезпеки при використанні лабораторного устаткування.	2	-
2.	Дослідження електромеханічних властивостей асинхронного електродвигуна з фазним ротором. [1,5], робота 6	2	-
3.	Регулювання швидкості двигуна постійного струму в системі генератор-двигун. [1,5], робота 7	2	2
4.	Дослідження системи електропривода тиристорний перетворювач-двигун постійного струму. [1,5], робота 8	2	2
5.	Дослідження перехідних процесів в електроприводі з асинхронним короткозамкненим двигуном. [1,4,5], робота 9	2	-
6.	Дослідження кривої нагрівання електродвигуна з короткозамкненим ротором. [1,4,5], робота 10	2	-
7.	Дослідження навантажувальних діаграм електропривода. [1,4,5], робота 11	3	
8.			
Разом за семестр		15	4
Разом		15	4

5.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Семестр 6			
Модуль 1			
1	Загальний підхід до складання і читання функціональних, кінематичних, структурних і електричних схем електроприводу. <i>Джерела інформації [1]с. 13-39; [10,18,19,24].</i>	2	-
2	Розмірність механічних і електричних одиниць в системі СІ. Визначення моментів інерції найпростіших геометричних тіл. <i>Джерела інформації [1]с. 46-56; [5] с. 14-21; [10,18,19,24].</i>	2	-
3	Складання розрахункової схеми механічної частини промислового електропривода. <i>Джерела інформації [1]с. 56-58; [10,18,19,24].</i>	2	-
4	Складання структурної схеми механічної частини промислового електропривода й визначення можливостей її спрощення. <i>Джерела інформації [1]с. 56-58; [10,18,19,24].</i>	2	-
5	Розрахунок і побудова електромеханічних і механічних природних характеристик двигунів постійного струму з незалежним збудженням. <i>Джерела інформації [1]с. 112-119; [10,18,19,24].</i>	2	-
6	Розрахунок і побудова штучних механічних характеристик двигунів постійного струму з незалежним збудженням. <i>Джерела інформації [1]с. 112-119; [10,18,19,24].</i>	2	2
7	Розрахунок і побудова частотних характеристик динамічної жорсткості природної механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням <i>Джерела інформації [1]с. 119-127; [10,18,19,24].</i>	2	-
Модуль 2			
8	Розрахунок й побудова штучних статичних механічних характеристик двигуна з послідовним збудженням, що відповідають змінам напруги $U_{я}$ або опору $R_{я\Sigma}$. <i>Джерела інформації [1]с. 119-127; [10,18,19,24].</i>	2	-
9	Визначення за каталожним даними параметрів асинхронних двигунів. <i>Джерела інформації [1]с. 119-127; [10,18,19,24].</i>	2	-
10	Розрахунок і побудова природних механічних й електромеханічних характеристик асинхронних двигунів. <i>Джерела інформації [1]с. 119-127; [10,18,19,24].</i>	2	-
11	Розрахунок і побудова штучних механічних характеристик асинхронних двигунів. <i>Джерела інформації [1]с. 119-127; [10,18,19,24].</i>	4	2
12	Розрахунок і побудова структурної схеми перетворення енергії при живленні асинхронного двигуна від мережі й від джерела струму. <i>Джерела інформації [1]с. 167-173,174-182; [10,18,19,24].</i>	2	-
13	Визначення показників коливальності електромеханічної системи з	2	-

	двигуном постійного струму незалежного збудження. та побудова залежності $\omega(t)$ та $M(t)$ за допомогою перехідної функції. <i>Джерела інформації [1]с. 208-217; [10,18,19,24].</i>		
14	Визначення оптимальної по критерію мінімуму жорсткості механічної характеристики електропривода постійного струму <i>Джерела інформації [1]с. 220-229; [10,18,19,24].</i>	2	-
Разом за семестр		30	4
Семестр 7			
Модуль 3			
15	Для електроприводу постійного струму розрахувати пускові характеристики, опори, час роботи на першій пусковій характеристиці, час перехідного процесу при виході на природну характеристику і побудувати динамічну механічну характеристику, що відповідає пуску. <i>Джерела інформації [1]с. 238-252; [10,18,19,24].</i>	2	-
16	Формування залежності $\omega_0(t)$, що забезпечує рівномірно прискорений рух, заданий час пуску й визначення максимального відхилення швидкості двигуна від заданої в перехідному процесі.. <i>Джерела інформації [1]с. 252-263; [10,18,19,24].</i>	2	-
17	Побудова характеристики перехідного процесу при пуску двигуна постійного струму незалежного збудження в ненавантаженому стані з подальшим "накидом" навантаження. <i>Джерела інформації [17]с. 193-195; [10,18,19,24].</i>	2	-
18	Розрахунок природних механічних характеристик асинхронного двигуна з фазним ротором й побудова реостатних пускових характеристик. <i>Джерела інформації [17]с. 56-61; [10,18,19,24].</i>	2	-
19	Розрахунок і побудова механічних характеристик асинхронного двигуна в режимі динамічного гальмування. <i>Джерела інформації [1]с. 182-185; [10,18,19,24].</i>	2	2
20	Визначення коефіцієнта форсування, що необхідний для пуску двигуна в системі Г-Д, обрання тиристорного збуджувача та обчислення максимального значення струму у процесі пуску. <i>Джерела інформації [1]с. 290-298; [10,18,19,24].</i>	2	-
21	Визначення параметрів структурних схем електроприводу по системі ТП-Д в режимі безперервного струму та коливальності розімкненої електромеханічної системи при $c_{12} = \infty$. <i>Джерела інформації [1]с. 182-185; [10,18,19,24].</i>	2	-
Модуль 4			
22	Розрахунок і побудова механічних характеристик асинхронного двигуна при частотному регулюванні.. <i>Джерела інформації [17]с. 149-151; [10,18,19,24].</i>	2	-
23	Розрахунок коефіцієнта зворотного зв'язку по швидкості, необхідного для здобуття в системі ТВ-Г-Д заданого діапазону регулювання швидкості і припустимої відносної похибки регулювання. Оцінити час перехідного процесу пуску до номінальної швидкості і динамічні показники якості регулювання. <i>Джерела інформації [17]с. 364-388; [10,18,19,24].</i>	4	-
22	Розрахунок і побудова механічних характеристик асинхронного двигуна при частотному регулюванні.. <i>Джерела інформації [17]с. 149-151; [10,18,19,24].</i>	2	-
24	Визначення закону зміни моменту двигуна постійного струму з	2	-

	незалежним збудженням, при якому втрати швидкості будуть мінімальними <i>Джерела інформації [1]с. 483-504; [10,17,18,19].</i>		
25	Розрахунок потужності двигунів тривалого режиму роботи методом еквівалентного струму. <i>Джерела інформації [24]с. 41-55; [10,17,18,19].</i>	2	2
26	Розрахунок потужності двигунів короткочасного режиму роботи методом еквівалентного моменту. <i>Джерела інформації [24]с. 47-55; [10,17,18,19].</i>	2	2
27	Розрахунок потужності двигунів повторно-короткочасного режиму роботи методом еквівалентних величин. <i>Джерела інформації [24]с. 47-55; [10,17,18,19].</i>	2	2
28	Перевірка обраного електродвигуна за умовами нагрівання, при заданих діаграмі навантаження й тахограмі зміни швидкості за цикл роботи. <i>Джерела інформації [1]с. 483-504; [10,18,19,24].</i>	2	-
	Разом за семестр	30	8
	Разом	60	12

5.4. Самостійна робота

Під час самостійної роботи здобувач вищої освіти повинен закріпити теоретичний лекційний матеріал, навчитися самостійно працювати з літературою. Тематика самостійної роботи здобувачів вищої освіти направлена на вивчення основних тем програми дисципліни, виконання практичних завдань та проблемні питання курсу.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
6-й семестр		
Модуль 1		
1.	Динамічні моделі механічної частини електроприводу Функціональні схеми механічної частини електроприводу і їх основні елементи. <i>/[3] с. 16-26; [4] с. 29-44/</i>	1
2.	Сили і моменти, що діють в системі електропривода. Приведення моментів і сил опорів, інерційних мас і моментів інерції. Режими роботи електроприводу. <i>/[2] с. 26-31; [4] с. 29-44; [5] с. 8-32/</i>	2
3.	Врахування втрат в механічній частині привода. Механічні характеристики виробничих механізмів і електричних двигунів. <i>/[2] с. 26-38; ; [3] с. 49-55; [4] с. 12-15/</i>	1
4.	Час прискорення і гальмування привода. Визначення оптимального передаточного співвідношення. <i>/[2] с. 38-48; [4] с. 40-49/</i>	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5.	Механічні перехідні процеси одно- та двомасової системи електропривода. /[4] с. 49-67/	1
6.	Математичні моделі і характеристики двигунів постійного струму. Вплив параметрів на властивості і характеристики двигунів постійного струму. /[2] с. 48-58; [4] с. 112-127/	1
7.	Пуск, гальмування і регулювання швидкості двигунів постійного струму. Вплив параметрів мережі і двигуна на його механічну характеристику. /[5] с. 54-77, 85-110/	2
Модуль 2		
8.	Статичні характеристики і властивості асинхронного двигуна при живленні від джерела напруги та джерела струму. /[2] с. 74-82; [3] с. 145-162; [4] с. 163-184/[5] с. 49-56, 80-83, 100-102/	1
9.	Пускові і гальмівні режими роботи асинхронного двигуна. /[2] с. 82-89; [3] с. 162-178; [4] с. 184-194/	1
10.	Узагальнені математичні моделі механічної частини електроприводу, їх властивості, характеристики і параметри. /[4] с. 15-29/	1
11.	Механічні перехідні режими при змінних параметрах. Час пуску та гальмування електроприводу. /[3] с. 262-274/	1
12.	Приєм і накид навантаження, динамічне падіння швидкості. /[3] с. 305-313/	1
13.	Форсування процесів. Обмеження струмів й моментів за допомогою затриманих зворотних зв'язків та задавачів інтенсивності. /[3] с. 327-331/	1
Разом за семестр годин		15
7-й семестр		
Модуль 3		
14.	Динамічні властивості одно масової розімкненої системи електроприводу з лінійною механічною характеристикою. /[4] с. 300-309/	1
15.	Динамічні властивості дво масової розімкненої системи електроприводу з лінійною механічною характеристикою. /[4] с. 309-316/	1
16.	Перехідні процеси в системі напівпровідниковий перетворювач – двигун. /[3] с. 322-327/	1
17.	Демпфювання електроприводом пружних механічних коливань. /[1] с. 220-229/	1
18.	Основні показники регулювання моменту (струму) електропривода. /[1] с. 326-327; [4] с. 512-517/	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
19.	Автоматичне регулювання моменту електропривода в системі керований перетворювач - двигун. /[2] с. 248-251/	1
20.	Послідовна корекція контуру регулювання моменту в системі керований перетворювач - двигун. /[1] с. 343-351, 377-388; [5] с. 183-194/	1
21.	Вплив негативного зв'язку за моментом (струмом) на динаміку пружної електромеханічної системи. /[1] с. 361-364/	1
22.	Регулювання кутової швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням зміною магнітного потоку. /[1] с. 405-417, [2] с. 102-106/	1
Модуль 4		
23.	Реостатне і імпульсне параметричне регулювання кутової швидкості двигуна постійного струму незалежного збудження. /[2] с. 102-112/	1
24.	Регулювання кутової швидкості асинхронного електропривода зміною напруги. /[2] с. 152-156, [4] с. 415-420/	1
25.	Керування пуском, гальмуванням і реверсуванням асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. /[2] с. 424-434/	1
26.	Регулювання швидкості асинхронних двигунів в каскадних схемах. /[2] с. 185-193, [4] с. 479-497/	1
27.	ККД і коефіцієнт потужності нерегульованого і нерегульованого електропривода. /[4] с. 326-338/	1
28.	Визначення припустимої частоти вмикань асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором і шляхи її підвищення. /[1] с. 545-552, [2] с. 386-387/	1
Разом за семестр годин		15
Курсовий проєкт		90
Усього годин		120

Курсовий проєкт

Індивідуальним завданням для здобувачів вищої освіти є курсовий проєкт (3 кредити), який складається з розрахунково-пояснювальної записки (формат А4) та графічної частини з двох аркушів (формат А1). Тема та зміст курсового проєкту пов'язані зі стислим аналізом системи електроприводу, яку розробляє здобувач вищої освіти, обладнання, що входить у дану систему (електромеханічний перетворювач, елементи кінематичного ланцюга, гальма, з'єднувальні муфти тощо).

Метою виконання курсового проєкту з дисципліни «Основи теорії електроприводів» є закріплення набутих навичок та їхнє практичне застосування, засвоєння знань про види систем регулювання моменту (струму) та швидкості електроприводів, набуття навичок побудови механічних, електромеханічних характеристик, навантажувальних та швидкісних діаграм електроприводів технологічних об'єктів та комплексів, визначення енергетичної та техніко-економічної доцільності застосованого способу регулювання координат відповідно до вимог технологічних об'єктів.

Курсовий проєкт включає розділи:

- визначення статичних навантажень і моментів інерції промислових електроприводів;
- розрахунок і побудова механічних і електромеханічних характеристик обраних двигунів;
- розрахунок і побудова перехідних процесів в електроприводах;
- визначення часу виконання технологічних операцій і побудова навантажувальної діаграми;
- перевірка обраних двигунів електроприводів на нагрівання;
- визначення енергетичних показників електроприводів за цикл роботи.

Курсовий проєкт повинний бути представлений пояснювальною запискою, яка подається на аркушах формату А4 і містить оформлений згідно стандарту титульний аркуш, формулювання завдання на курсовий проєкт, постановку задачі, виконання вказаних розділів, список використаних джерел.

Графічна частина складається з двох креслень (двох електроприводів, що працюють в єдиному технологічному процесі):

- схеми електроприводу, що відповідає обраному способу регулювання моменту або швидкості;
- побудовані графо-аналітичним або аналітичним методом механічні природні та штучні характеристики обраного двигуна;
- побудовані графо-аналітичним або аналітичним методом навантажувальну та швидкісну діаграми електропривода;
- побудовані графо-аналітичним або аналітичним методом графік перехідного процесу пуску електропривода.

Основою для курсового проєкту слугує лекційний матеріал, ДСТУ, літературні джерела, посібник для самостійної роботи, Internet-ресурси та ін.

Пояснювальна записка та графічна частини курсового проєкту виконуються згідно з вимогами ЄСКД та іншими нормативними документами.

В процесі виконання курсового проєкту здобувачі вищої освіти повинні показати, що вміють правильно застосувати знання, отримані при вивченні курсу «Основи теорії електроприводів».

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

для всіх видів занять:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної освіти;

для лекційних занять:

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;

- відеометод - використання відеоматеріалів для активізації наочно-чуттєвого сприймання; забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості;

для лабораторних занять:

- лабораторна робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом створення програм і отримання результатів роботи програми з використанням комп'ютерів;

- інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки та організацію робочого місця;

для практичних занять:

- практичне заняття - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом рішення задач, побудови схем, вивчення устрою та роботи конкретних одиниць обладнання.

для курсового проєкту:

- закріплення навичок побудови механічних, електромеханічних характеристик, навантажувальних та швидкісних діаграм електроприводів технологічних об'єктів та комплексів, визначення енергетичної та техніко-економічної доцільності застосованого способу регулювання координат відповідно до вимог технологічних об'єктів;

- визначення енергетичної та техніко-економічної доцільності застосованого способу регулювання координат відповідно до вимог технологічних об'єктів;

- знання основних принципів регулювання координат електроприводів постійного та змінного струму.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- звіти з виконання лабораторної роботи та презентації результатів виконаних лабораторних робіт на комп'ютері (або письмовий контроль результатів);

- усні відповіді на лабораторних заняттях;
- представлення вирішених практичних задач;
- усні відповіді на практичних заняттях;
- поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);
- захист курсового проєкту, екзамен.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення здобувача вищої освіти оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок - **40 балів**. Право здавати заключний екзамен дається здобувачу вищої освіти, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному і лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань практичних і лабораторних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання Критерії оцінювання лабораторних робіт

Бал	Критерії оцінювання
2,5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
2,0	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач вищої освіти виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та

	робить висновки.
1,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
1,0	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує лабораторну згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася.

Критерії оцінювання практичних робіт

Бал	Критерії оцінювання
2,5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, згідно з методикою проведення розрахунків, представлені рішення задач, задачі вирішені правильно, без помилок.
2,0	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з методикою проведення розрахунків, іноді після консультації викладача; представлені рішення задач, задачі вирішені без грубих похибок.
1,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з методикою проведення розрахунків, іноді після консультації викладача; задачі мають неточності та похибки.
1,0	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з методикою проведення розрахунків; задачі вирішені не повністю.
0,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти не вміє користуватися методикою розрахунків; задачі не вирішені.
0	Робота не виконувалася.

Модульна контрольна робота та контрольна робота (для заочної форми)

Бал	Критерії оцінювання
25 (42,5/35)	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності.

	Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях та в інтернет-ресурсах. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти вільно орієнтується в матеріалах.
20 (35/30)	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності.
15 (25/20)	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності.
10 (15/10)	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки.
0	Роботу не виконано

Примітка. В дужках для заочної форми навчання.

Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Критерії оцінювання курсової роботи

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Пояснювальна записка	40	Зміст курсового проєкту відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми;

		<p>адекватність дослідження предметної галузі; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті та завданням курсового проєкту. Розрахунки виконані у відповідності з методиками, правильно. Отримані результати дозволяють провести вибір обладнання.</p> <p>Проєкт виконувався систематично та вчасно поданий на перевірку керівнику у відповідності з планом виконання курсового проєкту.</p>
	35	<p>Зміст курсового проєкту відповідає обраній темі; чітко сформульована проблема; має місце адекватність дослідження предметній галузі; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті та завданням курсового проєкту. Розрахунки виконані у відповідності з методиками, правильно. Отримані результати дозволяють провести правильний вибір обладнання.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсового проєкту.</p>
	30	<p>Зміст курсового проєкту відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Розрахунки виконані у відповідності з методиками, але мають неточності й похибки, що не дає можливості правильно обрати обладнання.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівникові з порушенням плану виконання курсового проєкту.</p>
	20	<p>Курсовий проєкт за вимогами, які пред'являються до курсових проєктів, але має</p>

		<p>недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано.</p> <p>Розрахунки містять похибки, що не дозволяє вибрати обладнання, що має потрібну продуктивність.</p>
	15	<p>Здобувач вищої освіти відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти похибки в розрахунках і зробити правильні висновки щодо вибору устаткування.</p>
	5	<p>Курсовий проєкт виконаний недбало, огляд методів обробки рідини для певної ситуації не повний, що не дозволяє скласти схему процесу і запропонувати потрібне устаткування. Розрахунки виконані не повністю.</p> <p>Проєкт не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових проєктів. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.</p>
Ілюстративна частина	20	<p>Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, ілюстрації підготовлені відповідно до вимог, що висуваються.</p>
	15	<p>Презентація добре організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями.</p>
	10	<p>Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість.</p>
	5	<p>Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали.</p>
Захист роботи	40	<p>Доповідь логічно побудована, здобувач вищої освіти чітко та стисло викладає основні результати виконання роботи, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і</p>

		докладно відповідає на поставлені запитання.
	35	Здобувач вищої освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	30	Здобувач вищої освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання
	25	Здобувач вищої освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	20	Здобувач вищої освіти невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	15	Здобувач вищої освіти невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
	10	Здобувач вищої освіти демонструє задовільні знання з теми виконання роботи, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	5	Здобувач вищої освіти невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

Критерії оцінювання підсумкового контролю та екзамену

Бал	Критерії оцінювання
40	Здобувач вищої освіти виконав підсумкову контрольну роботу і відповів на екзаменаційні питання без помилок
30	Здобувач вищої освіти виконав підсумкову контрольну роботу без помилок, але відповіді на екзаменаційні питання не повні
20	Здобувач вищої освіти орієнтується у теоретичних питаннях, але недостатньо володіє методами розрахунків
10	Здобувач вищої освіти слабо орієнтується у теоретичних питаннях і недостатньо володіє методами розрахунків
0	Здобувач вищої освіти не орієнтується у теоретичних питаннях та методах розрахунків теплотехнічного обладнання

Узагальнюючі результати поточного контролю знань

Форма контролю	Максимальна кількість балів для денної форми навчання
6-й семестр	
Виконання лабораторних робіт	6 роб. × 2,5 бали = 15 бал
Виконання практичних робіт	14 роб. × 2,5 бали = 35 бал
Поточний модульний контроль	1 × 10 балів = 10 балів
Усього	60
7-й семестр	
Виконання лабораторних робіт	6 роб. × 2,5 бали = 15 бал
Виконання практичних робіт	14 роб. × 2,5 бали = 35 бал
Поточний модульний контроль	1 × 10 балів = 10 балів
Усього	60

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№№ змістового модуля і теми	Денна форма		Заочна форма	
	Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
Семестр 6				
Модуль 1				
ЗМ 1	T1	Практична робота № 1	2,5	
	T2	Практична робота № 2	2,5	
	T3	Лабораторна робота № 1	2,5	

		Практична робота № 3	2,5		
	T4	Практична робота № 4	2,5		
ЗМ 2	T5	Лабораторна робота № 2	-		
		Практична робота № 5	2,5		
	T6	Практична робота № 6	2,5	Практична робота № 6	2,5
	T7	Лабораторна робота № 2	2,5		
Практична робота № 7		2,5			
-		МКР1*	25*		
ПМК		Тест № 1	10	Тест № 1	10
Модуль 2					
ЗМ 3	T8	Практична робота № 8	2,5	Практична робота № 8	2,5
	T9	Лабораторна робота № 3	2,5		
		Практична робота № 9	2,5		
T10	Практична робота № 10	2,5			
ЗМ 4	T11	Лабораторна робота № 4	2,5	Лабораторна робота № 4	2,5
		Практична робота № 11	2,5		
	T12	Практична робота № 11	2,5		
	T13	Лабораторна робота № 5	-		
		Практична робота № 12	2,5		
	T14	Практична робота № 13	2,5		
T15	Лабораторна робота № 5	2,5			
	Практична робота № 14	2,5			
-		МКР2*	25*	Контрольна робота №1	42,5
ПМК		Тест № 2	-	Тест № 2	-
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Сума			100		100

Семестр 7					
Модуль 3					
ЗМ 5	T16	Практична робота № 15	2,5		
	T17	Практична робота № 16	2,5		
	T18	Лабораторна робота № 6	2,5		
		Практична робота № 17	2,5	Практична робота № 17	2,5
	T19	Практична робота № 18	2,5	Лабораторна робота № 6	2,5
ЗМ 6	T20	Лабораторна робота № 7	2,5		
		Практична робота № 19	2,5		
	T21	Практична робота № 20	2,5		
	T22	Лабораторна робота № 8	2,5		
		Практична робота № 21	2,5	Практична робота № 21	2,5
-		МКРЗ*	25*		
ПМК		Тест № 3	10	Тест № 3	10
Модуль 4					
ЗМ 7	T23	Практична робота № 22	2,5		
	T24	Лабораторна робота № 9	2,5		
		Практична робота № 23	-		
	T25	Практична робота № 23	2,5	Практична робота № 23	2,5
ЗМ 8	T26	Лабораторна робота № 10	2,5		
		Практична робота № 24	2,5		
	T27	Практична робота № 25	2,5		
	T28	Лабораторна робота № 11	-	Лабораторна робота № 11	2,5
		Практична робота № 26	2,5		
	T29	Практична робота № 27	2,5	Практична робота № 27	2,5
T30	Лабораторна робота № 11	2,5			

		Практична робота № 28	2,5		
-		МКР4*	25*	Контрольна робота №2	35
ПМК		Тест № 4	-	Тест № 4	-
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Сума			100		100

**Виконують здобувачі вищої освіти, що навчаються за індивідуальними графіками навчання.*

9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання (у період карантину) використовуються дистанційні платформи і інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, DingTalk, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber, WeChat, Telegram, соціальні мережі тощо).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебник для ВУЗов. – М; Энергоатомиздат. 1985. – 560 с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер АС. Общий курс электропривода: Учебник для ВУЗов.- 6-е изд. доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
3. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1994. – 496 с.
4. Фираго Б.И. Теория электропривода: Учебн. пособие / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Мн.: ЗАО “Техноперспетива”, 2004. – 527 с.
5. Чекунов К.А. Теория судового электропривода. Учебное пособие. – Л.: Судостроение, 1982. – 336 с.
6. Чиликин М.Г., Ключев В.И, Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода Уч. пособие для вузов. – М.; Энергия, 1979. – 616 с.
7. Швець Е.А., Касьянов Ю.І., Овсянников В.М. Лабораторні роботи по теорії електропривода. Частина І. Двигуни постійного струму / За ред. канд. техн. наук Е.А. Швеця. – Миколаїв: НУК, 2007. – 64 с.
8. Чекунов К.А. Лабораторные работы по теории электропривода. Методические указания. Часть 1-Николаев. НКИ, 1985.
9. Філіпчук О.М. Теорія електропривода. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.050702 "Електромеханіка" – Херсон: ХФ НУК, 2014. – 64 с.

10. Кондратенко Ю.П., Швець Е.А. Збірник запитань і задач з теорії електропривода постійного струму. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 36 с.

11. Аркадьев В.Ю., Шевченко В.В., Крупица П.А. Проектирование электропривода / Под общей редакцией доктора технических, профессора Аркадьева В.Ю. – Херсон: Айлант, 2002. – 120 с.

12. Чекунов К.А. Курсовое проектирование по теории электропривода: Уч. пособие. - Николаев: НКИ. 1977.

13. Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 160 с.

Допоміжна література

14. Ключев В.И, Терехов В.М. Электропривод, а автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.; Энергия, 1980. – 360 с.

15. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1990. - 304 с.

15. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1988. – 424 с.

16. Онищенко Г.Б. Электрический привод. Учебник для вузов. - М.: РАСХН, 2003. - 320 с.

17. Марголин Ш.М Дифференциальный электропривод. - М: Энергия, 1975.

18. Башарин А. В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ: Учеб. помощь для вузов. 3-е изд. - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. Отд-ние, 1990. - 512 с.

19. Башарин А.В., Блакитный Ф.Н., Кепперман В.Г. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. - Л.: Энергия, 1972.

20. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию (5-е изд. испр.) . – Ростов на/Д.: Феникс, 2004. – 480 с.

21. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.

22. Справочник по электрическим машинам. / Под ред. М.М. Кацман. - М: Издательский центр “Академия”, 1983. - 616 с.

23. Алиев И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах. – М.: ИП РадиоСофт, 2004. – 128 с.

24. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. Иванченко Ф.К. и др. – К.: издательское объединение “Вища школа”, Головное изд-во, 1978. – 576 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт ХННІ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua>
2. Електронні інформаційні ресурси НБУВ [Електронний ресурс].
Режим доступу: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>.
3. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського
[Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>.
4. Херсонська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олеся
Гончара [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.lib.kherson.ua>.
5. <http://ukrdoc.com.ua/text/59242/index-1.html>

Розробник:
старший викладач кафедри
автоматики та електроустаткування



Філіпчук О.М.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

Херсонський навчально-науковий інститут



Кафедра автоматики та
електроустаткування

ЗАВДАННЯ № 2

на виконання курсового проекту з дисципліни
“Основи теорії електроприводів”

Група	П.І.Б	Варіант

Тема проекту: „Електроприводи механізмів підйому вантажу і руху візка мостового крану”

Вихідні дані:

№ п/п	Найменування величин	В а р і а н т и				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Механізм підйому вантажу						
1.	Вантажопідйомність, т	3,2	4,0	5,0	2,0	2,5
2.	Швидкість підйому, м/хв	12,5	15,5	13,5	10	11,5
3.	Довжина прольота, м	25	25	20	20	18
4.	Режим роботи механізму, ПВ	40	40	25	25	25
5.	Висота підйому, м	10	12	15	14	13
6.	Кількість гілок поліспасти	2	2	4	6	6
7.	Момент інерції передачі, барабана, приведений до валу двигуна в частках від моменту інерції двигуна	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Механізм руху візка						
1.	Маса візка, т	$m_{віз} = 0,4m_{ван}$				
2.	Швидкість руху, м/хв	38,5	37,5	36	38	37
3.	Діаметр ходових коліс, м	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
4.	Діаметр цапф ходових коліс, м	0,06	0,07	0,075	0,075	0,08
5.	Коефіцієнт тертя ковзання	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
6.	Коефіцієнт тертя кочення	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
7.	Довжина прольоту, м	25	25	20	20	18

Зміст завдання.

Розрахункова частина

1. Визначити статичні навантаження і моменти інерції, які приведено до валу двигунів механізмів підйому вантажу та руху візка крана.
2. Розрахувати потужність двигунів та вибрати їх за даними каталогів або довідників.
3. Розрахувати пускові й регульовальні опори, вибрати їх з каталогу і надати схему зовнішніх з'єднань.
4. Побудувати механічні характеристики двигуна для використовуємих режимів роботи.
5. Розрахувати й побудувати графіки залежності швидкості, моменту й струму від часу за цикл роботи.
6. Перевірити попередньо обрані двигуни на нагрівання й перевантаження .
7. Визначити витрати енергії за цикл роботи.

Графічна частина

1. Кінематичні схеми механізмів підйому вантажу та руху візка крана.
2. Схема силового ланцюга електропривода.
3. Механічні характеристики двигуна з вказівкою режимів роботи.
4. Графіки швидкості, моменту й струму від часу за цикл роботи.
5. Схема системи керування електроприводом.

Література

1. Фираго Б.И. Теория электропривода: Учебн. пособие / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. 2-е изд. – Мн.: Техноперспетива, 2007. – 528 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебник для ВУЗов. – М; Энергоатомиздат. 1985. – 560 с.
3. Чекунов К.А. Теория судового электропривода. – Л.; Судостроение, 1982.
4. Чиликин М.Г., Сандлер АС. Общий курс электропривода: Учебник для ВУЗов.- 6-е изд. доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
5. Степыгин В.И., Чертков Е.Д., Елфимов С.А. Проектирование подъемно-транспортных установок: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2005. – 288 с.
6. Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию для студентов заочного обучения. 2-е издание дополненное. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 137 с.
7. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 424 с.
8. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. Иванченко Ф.К. и др. – К.: издательское объединение “Вища школа”, Головное изд-во, 1978. – 576 с.
9. Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.

Дата початку проектування “__” вересня 2023 р.

Дата завершення проектування “__” грудня 2023 р.

Здобувач вищої освіти _____ /_____/

Обговорено та ухвалено на засіданні кафедри автоматики та електроустаткування протокол № __ від “__” серпня 2023 р.

Завідуючий кафедрою АЕУ _____ /А.В. Надточий/

Ст. викладач _____ /О.М. Філіпчук/

“__” вересня 2023 р.

Питання для модульного контролю

6-й семестр

Контрольні питання до 1-го модуля

1. Що називають електроприводом?
2. Що таке одиночний електропривод?
3. Що таке груповий електропривод? Які переваги має одиночний електропривод перед груповим?
4. Що таке багатодвигунний електропривод?
5. Яка різниця між статичним моментом і моментом опору? Чи можуть вони бути рівними?
6. Чи може реактивний момент опору бути рушійним?
7. Що таке динамічний момент?
8. Що таке статичний і зведений статичний моменти виробничого механізму?
9. Що таке реактивні статичні моменти та який напрям мають ці моменти відносно напрямку руху системи?
10. Який напрям моменту двигуна відносно напрямку руху беруть за додатний, а і який за від'ємний?
12. Яка різниця між активними та реактивними моментами?
13. По яких формулах здійснюється приведення статичних моментів при підйомі й опускання вантажів?
14. Що таке "ймовірне" і "дійсне" зміни моменту інерції системи тіл?
15. Які фактори враховує повне рівняння руху електропривода?
16. На основі яких рівнянь можна дослідити характер руху виробничого механізму або його робочого органу?
17. Напишіть рівняння руху електропривода при жорстких кінематичних зв'язках.
18. Чим пояснюється потреба заміни дійсної системи зведеною при аналізі руху системи електропривод - виконавчий механізм?
19. Напишіть рівняння зведення статичної сили при поступальному русі з однією швидкістю до поступального руху з іншою швидкістю.
20. Напишіть рівняння зведення статичних моментів системи до вала двигуна.
21. Що називають моментом інерції тіла відносно осі обертання?
22. Що таке зведений момент інерції системи?
23. Що називають маховим моментом?
24. Напишіть рівняння зведеного махового моменту системи?
25. Як впливають пружні зв'язки на роботу системи електропривод - виконавчий механізм у неусталених режимах?
26. Що таке жорсткість пружного зв'язку? Якою величиною вона характеризується?
27. Якими способами можуть бути враховані втрати при передачі статичної й динамічної потужності?

28. По яких формулах здійснюється приведення статичних моментів до вала двигуна при підйомі й опусканні вантажів з урахуванням втрат методом к.к.д.?
29. Чи впливає передаточне число на втрати в перехідних режимах електропривода?
30. Як вивести рівняння механічної (електромеханічної) характеристики двигуна постійного струму?
31. Які припущення роблять при виведенні аналітичного виразу механічної характеристики двигуна постійного струму незалежного збудження?
32. Напишіть рівняння механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням і проаналізуйте його.
33. Як побудувати природну механічну характеристику двигуна з незалежним збудженням?
34. Як побудувати природну електромеханічну характеристику двигуна з незалежним збудженням?
35. Чому електромеханічні характеристики двигуна з незалежним збудженням при сталій напрузі і постійному магнітному потоці перетинаються в одній точці незалежно від величин додаткових опорів в якірному колі?
36. Як впливає реакція якоря двигуна з незалежним збудженням на його механічну характеристику?
37. Як вирахувати момент втрат холостого ходу електродвигуна з незалежним збудженням?
38. Що таке статичний спад швидкості двигуна з незалежним збудженням і як його можна знайти?
39. В яких гальмівних режимах може працювати двигун постійного струму незалежного збудження?
40. Поясніть, як працює двигун з незалежним збудженням у режимі гальмування з віддачею енергії в мережу (рекуперативне гальмування). Наведіть приклади виробничих механізмів, електропривод яких може працювати в такому режимі?
41. Проаналізуйте рівняння механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням, коли величини залежної і незалежної змінних рівняння відповідають рекуперативному режиму роботи двигуна.
42. Як пояснити збільшення швидкості двигуна постійного струму незалежного збудження в режимі рекуперації і незмінному статичному моменті при введенні в коло якоря додаткового опору?
43. Назвіть позитивні якості і недоліки рекуперативного гальмування двигуна з незалежним збудженням.
44. Поясніть фізичну сторону роботи двигуна з незалежним збудженням у режимі гальмування проти вмиканням.
45. Як виконується гальмування проти вмиканням? Поясніть енергетичну сторону процесів.
46. Напишіть рівняння механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням. Проаналізуйте його для тих випадків, коли величини залежної і незалежної змінних рівняння відповідають режиму проти вмикання двигуна.
47. Які позитивні якості і недоліки властиві режиму проти вмикання двигуна з незалежним збудженням?

48. Що таке режим електродинамічного гальмування і як він виконується у двигуна з незалежним збудженням?

49. Напишіть рівняння механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням для режиму електродинамічного гальмування. Накресліть і проаналізуйте характеристики при різних значеннях додаткового опору в якорному колі.

50. Які позитивні якості й недоліки властиві електродинамічному гальмуванню двигуна з незалежним збудженням?

51. Що таке режим електродинамічного гальмування з самозбудженням двигуна постійного струму незалежного збудження?

52. Напишіть рівняння і накресліть характеристики двигуна з незалежним збудженням при зміні напрямку обертання.

53. Чому недопустиме пряме вмикання двигуна з незалежним збудженням (при потужності понад 1 кВт) на повну напругу мережі без додаткових опорів у колі якоря?

54. Як за паспортними даними і опором якорної обмотки двигуна з незалежним збудженням обчислити величину додаткового опору, що відповідає заданій штучній характеристиці?

55. Як розрахувати опір, який треба ввести в коло якоря двигуна з незалежним збудженням для обмеження моменту двигуна в режимі гальмування проти вмиканням?

56. Як розрахувати опір, який вводиться в коло якоря двигуна з незалежним збудженням при електродинамічному гальмуванні?

57. Покажіть можливість регулювання швидкості двигуна з незалежним збудженням за допомогою зміни додаткового опору в колі якоря.

58. Як змінюється жорсткість механічних характеристик двигуна з незалежним збудженням при регулюванні його швидкості за допомогою додаткового опору в колі якоря?

59. Які переваги і недоліки властиві зміні швидкості двигуна за допомогою додаткового опору в колі якоря? Назвіть електроприводи виконавчих механізмів з такою системою регулювання швидкості.

60. Напишіть вихідні рівняння і на їх основі виведіть рівняння механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням при шунтуванні його якоря.

61. Накресліть ряд електромеханічних характеристик двигуна з незалежним збудженням, які відповідають різним величинам шунтувального опору (від нуля до нескінченності) і постійному значенню послідовного опору. Як обґрунтувати те, що всі характеристики перетинаються в одній точці?

62. Накресліть ряд електромеханічних характеристик двигуна з незалежним збудженням, які відповідають різним послідовним опорам (від нуля до нескінченності) і постійному шунтувальному опору. Чому всі характеристики перетинаються в одній точці?

63. Як змінюється швидкість двигуна з незалежним збудженням, шунтованим якорем і послідовним опором при обриві кола послідовного опору?

64. Чому при ослабленні магнітного потоку змінюється швидкість обертання двигуна з незалежним збудженням?

65. Напишіть і проаналізуйте рівняння механічної характеристики двигуна з незалежним збудженням при ослабленому магнітному потоці.

66. Як змінюються пусковий момент і пусковий струм двигуна з незалежним збудженням при ослабленні магнітного потоку?

67. На які діапазони регулювання швидкості потоком наша промисловість випускає двигуни з незалежним збудженням? На яку величину дозволяється збільшувати швидкість двигуна зменшенням потоку, якщо конструкцією двигуна це не передбачено?

68. Які переваги і недоліки властиві регулюванню швидкості двигуна з незалежним збудженням зміною магнітного потоку?

69. Чому зниження напруги живильної мережі зменшує допустимий за нагріванням момент двигуна з незалежним збудженням, але не впливає на відповідний момент двигуна з послідовним збудженням?

70. Накресліть механічну характеристику двигуна з послідовним збудженням і поясніть, чому вона має істотно нелінійний характер?

71. Викладіть методику побудови природної механічної характеристики двигуна з послідовним збудженням за універсальними робочими характеристиками.

72. Чому здатність до перевантаження двигунів з послідовним збудженням, на відміну від двигунів з незалежним збудженням, не однакова для моменту і струму двигуна?

73. Як проводять реверсування двигуна з послідовним збудженням?

74. Які гальмівні режими використовують в електроприводах з двигунами послідовного збудження?

75. Накресліть схему вмикання і механічні характеристики двигуна з послідовним збудженням у режимі електродинамічного гальмування з самозбудженням і поясніть, як воно відбувається.

76. Викладіть графічний метод побудови штучних електромеханічних характеристик двигуна з послідовним збудженням при додаткових опорах у колі якоря.

77. Накресліть схему вмикання і механічні характеристики двигуна з послідовним збудженням, увімкненого за схемою шунтування якоря і обмотки збудження при різних послідовних опорах.

78. Накресліть механічні характеристики двигуна з послідовним збудженням при шунтуванні якоря та різних величинах послідовного опору.

79. Накресліть механічні характеристики двигуна з послідовним збудженням при різних опорах, що шунтують якорь.

80. Накресліть механічні характеристики двигуна з послідовним збудженням при паралельному вмиканні якоря і обмотки збудження у випадку, коли послідовно кожному з них включено додатковий опір, а також є спільний додатковий опір.

81. Накресліть схему і механічні характеристики двигуна з послідовним збудженням при шунтуванні обмотки збудження.

82. Дайте характеристику регулювання швидкості двигуна з послідовним збудженням при зміні додаткового опору в колі якоря.

83. Якими способами регулюють швидкість двигунів з послідовним збудженням?

84. Дайте характеристику регулювання швидкості двигуна з послідовним збудженням зміною магнітного потоку.

85. Який напрям мають магніторухілі сили незалежної і послідовної обмоток збудження двигуна змішаного збудження і яке їх співвідношення?

86. Поясніть можливості роботи двигуна змішаного збудження при відсутності навантаження, а також визначте швидкість ідеального холостого ходу.

87. Як змінюють напрям обертання двигуна змішаного збудження?

88. Які гальмівні режими використовують в електроприводах з двигунами змішаного збудження?

89. Накресліть механічні характеристики двигуна змішаного збудження в рекуперативному гальмівному режимі при ввімкненій і вимкненій обмотці послідовного збудження.

90. Як створюють режим електродинамічного гальмування двигуна змішаного збудження?

Контрольні питання до 2-го модуля

1. У якого з асинхронних двигунів струм намагнічування більше: тривалого або повторно-короткочасного режиму роботи?

2. Для яких асинхронних двигунів механічні характеристики, побудовані по рівнянню Клосса, краще збігаються з дійсними?

3. Як у цей час за паспортними даними будується механічна характеристика асинхронного двигуна?

4. Чи можливо, що при постійній частоті живлячої напруги кутова швидкість асинхронного двигуна короткочасно буде більше синхронної?

5. Чи може асинхронний двигун стійко працювати на ділянці механічної характеристики від $s = 1$ до $s = s_{кр}$?

6. До якої величини можна знизити кутову швидкість асинхронного двигуна при короткочасній посадці напруги, щоб до відновлення напруги вона відновилася?

7. Для якої мети в деяких випадках не завантажені асинхронні двигуни перемикають із трикутника на зірку й коли це припустимо?

8. У чому основне розходження між електромагнітними потоками асинхронного двигуна в руховому режимі й у режимі динамічного гальмування з незалежним збудженням?

9. Чому в асинхронного двигуна при пуску, незважаючи на великий індуктивний опір, великий поштовх струму?

10. Чому асинхронний двигун не може працювати генератором, якщо на шинах немає напруги?

11. Чому критичний момент асинхронного двигуна при роботі в генераторному режимі більше, ніж при роботі в руховому?

12. Чому іноді для одержання двох кутових швидкостей на статорі асинхронного двигуна укладають дві обмотки, а іноді одну з перемиканням полюсів?

13. Пуск асинхронного багатошвидкісного двигуна робиться шляхом перемикання з нижчої швидкості на вищу. При цьому для зменшення поштовхів

струму в ланцюг статорних обмоток включають симетричні активні опори. Що відбудеться, якщо при гальмуванні шляхом перемикавання з вищої швидкості на нижчу не будуть вимкнені пускові опори?

14. Яке співвідношення між втратами в активному опорі обмотки статора асинхронного двигуна при рівності електромагнітних потоків у руховому режимі й у режимі динамічного гальмування з незалежним збудженням?

15. Чи зміняться втрати асинхронного двигуна в сталому режимі, якщо в ланцюг статора (ротора) включити індуктивний (активний) опір?

16. До чого прагнуть втрати при пуску й гальмуванні асинхронного двигуна зміною частоти?

17. Як змінюється нагрівання асинхронного двигуна, що працює з постійним моментом опору, при зміні напруги, що підводиться?

18. Як визначити стійкість синхронного двигуна при ударному навантаженні?

19. Який зв'язок між вхідним (під синхронним) і початковим пусковим моментами при асинхронному пуску синхронного двигуна?

20. Що розуміють під усталеними і неусталеними режимами роботи електроприводів?

21. Що називають механічною характеристикою робочого механізму?

22. Що називають механічною характеристикою електродвигуна?

23. Що називають електромеханічною (швидкісною) характеристикою електродвигуна?

24. Що таке жорсткість механічної характеристики і як її визначають?

25. Наведіть класифікацію виробничих механізмів за характером зміни статичного моменту.

26. Як визначають стійкість роботи електрифікованого агрегату?

27. Мета та задачі вивчення розімкнених електромеханічних систем.

28. Поясніть, як узагальнена електромеханічна система з лінійаризованою механічною характеристикою віддзеркалює особливості двигунів постійного струму, асинхронних двигунів й синхронних двигунів.

29. Поясніть методику визначення динамічних властивостей електроприводу з лінійною механічною характеристикою при жорстких механічних зв'язках.

30. Вплив відношення постійних часу електроприводу (m) на динамічні властивості електроприводу.

31. Поняття усталеності статичного режиму роботи електроприводу. Умова виникнення статичного режиму.

32. Поясніть графічно умови виникнення усталеності статичного режиму роботи електроприводу.

33. Яким чином усталеність статичного режиму роботи електроприводу залежить від знаку жорсткості статичної механічної характеристики двигуна (β).

34. Поясніть важливість врахування впливу пружних механічних зв'язків на характер динамічних процесів в електромеханічній системі.

35. Поясніть ефект демпфірування пружних коливань на прикладі дво масової пружної системи.

36. Зв'язок демпфіруючої здібності електроприводу з узагальненими параметрами електромеханічної системи.

37. Дайте визначення перехідним процесам в електроприводі та поясніть їх.

38. Яким загальним вимогам до характеру повинні відповідати наступні перехідні процеси:

- оптимальні за швидкістю при обмеженні моменту;
- оптимальні за швидкістю при обмеженні прискорення;
- оптимальні при обмеженні моменту або прискорення та ривку.

39. Методи розрахунку перехідних процесів, які використовуються в теорії і практиці електроприводів.

40. Причини виникнення та характеристика перехідних процесів електроприводу з лінійною механічною характеристикою при $\omega = const$: загальне рішення диференціального рівняння системи при $T_{\Omega} \neq 0$ і ненульових початкових умовах, якщо: $m > 4, m = 4, m < 4$.

41. Дайте оцінку падінню швидкості електроприводу, яке обумовлене ударним прикладанням навантаження (при $\omega = const$).

42. Особливості роботи електроприводу на реостатних характеристиках (при $\omega = const$).

43. Особливості пуску електропривода з лінійною механічною характеристикою, при умові забезпечення автоматичного перемикання ступенів пускового реостату, якщо початкові та кінцеві значення моменту двигуна постійні.

44. Особливості реверсу електропривода з лінійною механічною характеристикою, якщо момент навантаження активний і $M_C = const$.

7-й семестр

Контрольні питання до 3-го модуля

1. Особливості реверсу електропривода з лінійною механічною характеристикою, якщо момент навантаження реактивний і $M_C = const$.

2. Особливості динамічного гальмування електропривода з лінійною механічною характеристикою, якщо при $T_{\Omega} \neq 0$.

3. Особливості перехідних процесів електроприводу з лінійною механічною характеристикою при $\omega_0 = f(t)$, $T_{\Omega} \approx 0$ та повільній зміні керуючої дії ($m > 2$).

4. Особливості перехідних процесів електроприводу з лінійною механічною характеристикою при $\omega_0 = f(t)$, якщо навантаження уявляє собою реактивний момент.

5. Особливості перехідних процесів при реверсі електроприводу з лінійною механічною характеристикою (при $\omega_0 = f(t)$), якщо керуюча дія змінюється повільно.

6. Особливості перехідних процесів електроприводу з лінійною механічною характеристикою при $\omega_0 = f(t)$, якщо момент навантаження реактивний.

7. Характер зміни швидкості в перехідному процесі пуску електроприводу постійного струму при $M_C = 0$, якщо напруга прикладена до кола якоря змінюється за експоненціальним законом.

8. Аналіз перехідних процесів електроприводу з асинхронним короткозамкненим двигуном.

9. Надайте аналіз можливих складових повного виразу пускового моменту асинхронного двигуна.

10. Приблизні методи оцінки довго тривалості перехідних процесів пуску та реверсу.

11. У яких схемах в асинхронного двигуна момент може бути більше критичного?

12. Чому в зрівняльному електричному валу в якості зрівняльних не застосовуються синхронні машини?

13. Як буде розподілятися навантаження між головними двигунами системи синхронного зрівняльного вала, якщо механічні характеристики головних машин будуть мати неоднакову твердість?

14. Якоря двох машин постійного струму з'єднані послідовно й працюють на загальний вал. Що відбудеться, якщо в одного з них буде відключене збудження?

15. Для чого потрібна синхронізація роторів зрівняльних асинхронних машин перед включенням синхронного вала?

16. Як буде працювати електропривод з робочим електричним валом, якщо опір загального реостата $R_p = 0$, $R_p = \infty$?

17. Що називають неавтоматичним регулюванням моменту двигуна?

18. Поясніть поняття регулювання моменту електродвигуна.

19. Який момент двигуна називають критичним?

20. Як класифікують методи зміни і регулювання моменту електроприводів?

21. Які величини струму, напруги, швидкості обертання тощо беруть за основні одиниці відносних величин?

22. Що називають номінальним опором двигуна постійного струму і як його визначають?

23. Напишіть початкові диференціальні рівняння для розрахунку електромеханічних перехідних процесів в електроприводі з двигуном постійного струму незалежного збудження.

24. Напишіть рівняння, що описує залежності швидкості і струму двигуна постійного струму незалежного збудження при сталому статичному моменті в електромеханічному перехідному процесі.

25. Накреслить криві зміни струму і швидкості двигуна постійного струму незалежного збудження при без реостатному пуску, коли статичний момент і магнітний потік є сталими.

26. При яких умовах в електроприводі постійного струму з двигуном незалежного збудження можливе виникнення коливального перехідного процесу? Напишіть рівняння $\omega = f(t)$, $I = f(t)$ для коливального процесу пуску і накреслить криві перехідного процесу.

27. Поясніть причини виникнення коливань струму і швидкості при ударному навантаженні.

28. Що називають динамічним спадом швидкості? Коли він утворюється? Як залежить динамічний спад швидкості від параметрів кола якоря?

29. Напишіть диференціальне рівняння електрорушійної сили (ЕРС) простого кола збудження машини постійного струму і наведіть його розв'язання.

30. Для чого застосовують і як здійснюють форсування перехідних процесів в обмотках збудження машин постійного струму?

31. Напишіть систему рівнянь, що характеризують перехідні процеси в системі Г-Д з урахуванням форсування збудження.

32. Накресліть електричну схему системи генератор – двигун (Г-Д) і поясніть принцип її роботи.

33. Накресліть механічні характеристики двигуна, які відповідають зміні напруги генератора в системі Г-Д.

34. Напишіть рівняння залежності швидкості двигуна в системі Г-Д від часу в загальному вигляді і дайте характеристику окремих його параметрів.

35. Напишіть рівняння для струму двигуна в системі Г-Д у перехідному процесі в загальному вигляді і дайте характеристику окремих його параметрів.

36. Накресліть криві швидкості і струму залежно від часу при розгоні двигуна в системі Г-Д з реактивним статичним моментом на валу і дайте їх математичний вираз.

37. Напишіть рівняння для швидкості і струму двигуна залежно від часу в системі Г-Д при гальмуванні після вимкнення з мережі обмотки збудження генератора, замкненої на розрядний опір.

38. Напишіть рівняння ЕРС кола збудження генератора при реверсуванні двигуна в системі Г-Д.

39. Напишіть рівняння для швидкості і струму двигуна залежно від часу при його реверсуванні в системі Г-Д.

40. Як знаходять середні значення моменту навантаження і моменту інерції, що залежать від шляху, коли для дослідження електромеханічних перехідних процесів використовують метод послідовних наближень?

41. Як у системі Г-Д проходить рекуперативне гальмування?

42. Як здійснюється режим електродинамічного гальмування двигуна в системі Г-Д?

43. У яких випадках при керуванні двигуном по системі Г – Д можливе рекуперативне гальмування?

44. Як у системі Г-Д змінюють напрям обертання двигуна?

45. Які позитивні якості і недоліки мають тиристори при використанні їх у перетворювачах, призначених живити електродвигун?

46. Накресліть схеми головних кіл електроприводів постійного струму з тиристорами і дайте їх коротку характеристику.

47. Які методи регулювання випрямленої напруги використовують у схемах електроприводів постійного струму з тиристорами?

48. За рахунок чого механічні характеристики двигуна при живленні від керованого випрямляча мають меншу твердість (жорсткість) у порівнянні з випадком його прямого живлення від мережі?

49. При якому виді навантаження, індуктивному або активному, буде вище напруга на виході тиристорного перетворювача напруги?

50. Навіщо на шини випрямленої напруги статичного перетворювача, що працює зі змінним навантаженням, включають баластові опори?

51. До чого прагнуть втрати при пуску й гальмуванні двигуна в системі Г - Д при

нескінченно повільній зміні напруги на генераторі?

52. Який основний недолік регулювання швидкості вентиляного електропривода зміною кута включення випрямлячів?

53. Що таке внутрішній зворотний зв'язок дроселів (магнітних підсилювачів)? Чи може він бути негативним?

54. Які умови одержання рекуперативного гальмування в тиристорному електроприводі?

55. Чи можливо одержати рекуперативне гальмування в тиристорному приводі з несиметричним мостом випрямлення?

56. Що відбудеться, якщо під час роботи несиметричного моста зупинити подачу позитивного потенціалу на керовані тиристорів?

57. Укажіть види зрівняльного струму в тиристорному реверсивному електроприводі й способи його усунення при узгодженому керуванні.

58. Що відбудеться, якщо відмовить система керування одного випрямляча в схемі випрямлення змінної напруги, в інверторній схемі симетричного мосту, у схемі несиметричного мосту?

59. Які позитивні якості і недоліки мають тиристори при використанні їх у перетворювачах, призначених живити електродвигун?

60. Накресліть схеми головних кіл електроприводів постійного струму з тиристорами і дайте їх коротку характеристику.

Контрольні питання до 4-го модуля

1. Шляхи регулювання швидкості в розімкнених і замкнених системах електроприводів.

2. Особливості реостатного регулювання швидкості.

3. Особливості реостатного регулювання швидкості при постійному моменті, $M_C = const$.

4. Побудова, принцип дії та механічні характеристики системи автоматичного реостатного регулювання швидкості асинхронного двигуна.

5. Структура системи автоматичного реостатного регулювання швидкості асинхронного двигуна і особливості настроювання технічний оптимум.

6. Потенціометрична схема регулювання швидкості – побудова, принцип дії і характеристики.

7. Методика побудови механічних характеристик двигуна в потенціометричній схемі регулювання швидкості.

8. Методика побудови механічних характеристик великої потужності двигуна в потенціометричній схемі регулювання швидкості, при

- $R_{ДОБ} = const, R_{Ш} = var$;

- $R_{Ш} = const, R_{ДОБ} = var$.

9. Схеми шунтування якоря двигуна постійного струму з послідовним збудженням, при

- $R_{ДОБ} = const, R_{Ш} = var$;

- $R_{Ш} = const, R_{ДОБ} = var$.

10. Побудова, принцип дії і характеристики схеми регулювання швидкості послабленням поля двигуна.

11. Відмінності способу регулювання швидкості послабленням поля двигуна по відношенню до припустимого навантаження.
12. Побудова, принцип дії і характеристики схеми автоматичного регулювання швидкості дією на коло збудження двигуна.
13. Особливості використання індуктивно-ємнісного перетворювача в схемі регулювання швидкості послабленням поля двигуна.
14. Особливості використання зворотного зв'язку по ЕРС в схемі регулювання швидкості послабленням поля двигуна.
15. Вплив великої постійної часу обмотки збудження на динамічні характеристики схеми.
16. Надайте характеристику статичним і динамічним властивостям синтезованої системи регулювання швидкості, дією на коло збудження двигуна.
17. Дайте характеристику способам регулювання швидкості двигунів в електроприводах змінного струму.
18. Які особливості має електродвигун змінного струму, як об'єкт керування?
19. Поясніть основну складність, яка виникає при створенні автоматизованих систем керування електроприводами змінного струму.
20. Назвіть принципи побудови схем перетворювачів для керування приводом змінного струму і поясніть їх сутність,
 - параметричне регулювання в ланцюзі статора;
 - широтно-імпульсне регулювання в ланцюзі ротора;
 - регулювання шляхом введення в ланцюг ротора двигуна додаткової ЕРС;
 - частотне керування.
21. Визначте найбільш перспективний принцип керування приводами змінного струму і поясніть чому?
22. Поясніть особливості використання пристрої плавного пуску на основі тиристорного регулятора напруги для пуску асинхронних двигунів.
23. Поясніть сутність бустерного пуску асинхронних двигунів, його переваги та недоліки.
24. Побудуйте функціональну схему пристрою, де використовується замкнена САР моменту, і який дозволяє сформулювати лінійний закон зростання швидкості.
25. Дайте визначення перетворювачів частоти, їх різновидів, сфери застосування, переваг та недоліків.
26. Дайте загальну характеристику перетворювачам частоти, які використовуються в системах частотного керування електродвигунами.
27. Дайте характеристику способам регулювання частоти й напруги в перетворювачах частоти.
28. Поясніть особливості електромагнітних процесів у веденому мережею інверторі.
29. Поясніть принцип роботи однофазного веденого інвертора з виводом нульової точки трансформатора.
30. Визначте вплив комутаційних процесів на показники ефективності однофазного веденого інвертора з виводом нульової точки трансформатора.

31. Побудуйте узагальнену регульовальну і вхідну характеристику керованого перетворювача, веденого мережею і поясніть їх.
32. Визначте коефіцієнт потужності керованого перетворювача, веденого мережею.
33. Поясніть принцип роботи трифазного мостового веденого інвертора.
34. Як впливають процеси комутації на характеристики й показники трифазного мостового веденого інвертора.
35. Назвіть основні типи регульованих асинхронних електроприводів з двигунами з короткозамкненим ротором та поясніть їх сутність.
36. Побудуйте узагальнену функціональну схему частотно-регульованого електропривода та поясніть принцип її роботи.
37. Охарактеризуйте коло питань, які на вашу думку належать до енергетики електроприводу.
38. Наведіть рівняння балансу потужності в системі електропривода.
39. Енергетичні характеристики електропривода при роботі в різних режимах.
40. Зробіть аналіз економічності споживання енергії електроприводом з мережі або від автономного джерела.
41. Проаналізуйте загальний склад втрат енергії в двигунах.
41. Надайте аналіз способам регулювання P_{MEH} в електроприводі.
43. Проаналізуйте складові постійних втрат двигунів та перетворювачів.
44. Проаналізуйте складові змінних втрат двигунів та перетворювачів.
45. Визначте витрати і втрати енергії при деяких типових перехідних процесах пуску, гальмування та реверсу.
46. Поясніть важливість вивчення нагрівання та охолодження двигунів.
47. Надайте характеристику електричній машині, як об'єкту нагрівання.
48. Поясніть особливості теплової моделі електродвигуна, як тіла нагрівання.
- Типові випадки теплового стану двигуна.
49. Поясніть динамічні властивості теплової моделі двигуна, у випадку ΔP_M , ΔP_{CT} постійні, а двигун представлено у вигляді двох мас.
50. Зробіть аналіз перехідним процесам нагріву двигуна в дво масовій моделі.
51. Зробіть аналіз перехідним процесам нагріву двигуна в одно масовій моделі.
52. Визначте в рамках одно масової теплової моделі зв'язок між параметрами періодичної функції втрат і параметрами температурного режиму.
53. Надайте характеристику номінальних режимів двигунів (подовженому, короткочасному, повторно-короткочасному та інших).
54. Поняття навантажувальної діаграми механізму та двигуна.
55. Проаналізуйте можливості використання двигунів номінального подовженого режиму для роботи в повторно-короткочасному.
56. Поясніть особливості вибору по потужності двигунів номінального короткочасного режиму роботи.
57. Поясніть особливості вибору по потужності двигунів номінального повторно-короткочасного режиму роботи.

58. Визначення припустимої частоти включень короткозамкнених асинхронних двигунів.
59. З яких двох факторів слід виходити при виборі потужності двигуна?
60. У чому полягає суть методу вибору потужності електродвигуна за перевантаженням?
61. Чим обмежується перевантажувальна здатність двигунів постійного струму?
62. Чому стала часу нагрівання електродвигунів закритого типу більша, ніж у двигунів відкритого і захищеного типів?
63. Чому стала часу охолодження нерухомого електродвигуна більша від сталої часу нагрівання двигуна, що обертається?
64. Накресліть криву нагрівання електродвигуна, що працює з циклічним навантаженням, і покажіть, як її розрахувати.
65. Як класифікують режим роботи електроприводів залежно від характеру і тривалості роботи?
66. Який режим роботи електропривода називають тривалим?
67. Накресліть графіки навантаження і температури перегріву.
68. Який режим роботи електропривода називають короткочасним?
69. Накресліть діаграми навантаження і температури перегріву при короткочасному режимі роботи електродвигуна.
70. Який режим роботи електропривода називають повторно-короткочасним?
71. Накресліть графіки навантаження і температури перегріву при повторно-короткочасному режимі роботи електропривода.
72. Як знаходять потужність і як вибирають електродвигун при тривалому режимі роботи електропривода?
73. В якому випадку потужність електродвигуна вибирають за перевантаженням?
74. Напишіть формулу еквівалентної потужності і покажіть, коли нею доцільно користуватися при розрахунку потужності електродвигуна.
75. Як знайти потужність двигуна, що працює в короткочасному режимі при змінному навантаженні?
76. Викладіть порядок знаходження потужності та вибору електродвигуна, що працює в повторно-короткочасному режимі.
77. Яке значення мають навантажувальні діаграми при розрахунках електроприводів?
78. У якого із двигунів більше коефіцієнт температурного перевантаження: тривалого, повторно-короткочасного або короткочасного режиму?
79. Чи залежать сумарні втрати в опорах ланцюга якоря (ротора) двигунів при пуску й гальмуванні вхолосту від величини опору?
80. Як залежить постійна нагрівання машини від габариту?
81. Чому непридатні методи середніх втрат, еквівалентних струмів, потужності й моменту при визначенні припустимого числа включень у годину?
82. У чому різниця між еквівалентними й середньоквадратичними струмом, моментом і потужністю двигуна?
83. У яких двигунів постійна нагрівання при роботі (T_p) і постійна нагрівання при стоянці (T_{pc}) рівні?