

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н - 3.04

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Автоматизації виробничих процесів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор, проректор  
з науково-педагогічної та  
методичної роботи

\_\_\_\_\_ А.М. Фесенко

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Основи теорії електроприводу»**

(шифр і назва навчальної дисципліни)

галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

напрямок підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність 151 «Автоматизоване управління технологічними процесами»

(шифр і назва спеціальності)

(денна форма навчання)

Факультет автоматизації машинобудування та інформаційних технологій (ФАМІТ)

(назва інституту, факультету, відділення)

2018 рік

Робоча програма Основи теорії електроприводу для студентів за напрямом  
(назва навчальної дисципліни)  
для студентів за напрямом підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-  
інтегровані технології», спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-  
інтегровані технології». „29” серпня 2018 року - 32 с.

Розробники: **Разживін Олексій Валерійович**, к. т. н., доц.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Автоматизації виробничих процесів  
Протокол від “ 29 ” серпня 2018 року № 1

Завідувач кафедри АВП

\_\_\_\_\_ (Клименко Г.П.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
“ ” \_\_\_\_\_ 2018 року

Схвалено методичною радою Донбаської державної машинобудівної академії  
(спеціальністю) \_\_\_\_\_  
(шифр, назва)

Протокол від “ ” 2018 року №

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Голова \_\_\_\_\_ (Фесенко А.М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

©Разживін О.В, 2018 рік  
©ДДМА, 2018 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників   | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень  | Характеристика навчальної дисципліни |                       |
|---|---|--------------------------------------|-----------------------|
|   |   | денна форма навчання                 | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів – 6  | Галузь знань<br><u>15 Автоматизація та приладобудування</u><br>(шифр і назва)                           | <b>Нормативна</b>                    |                       |
|   | Напрямок підготовки<br><u>151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</u><br>(шифр і назва) |                                      |                       |
| Модулів – 2   | Спеціальність (професійне спрямування):<br><u>Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</u>   | <b>Рік підготовки:</b>               |                       |
| Змістових модулів – 4   |   | 3-й                                  |                       |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання<br>_____ (назва)  |   | <b>Семестр</b>                       |                       |
| Загальна кількість годин - 180  |   | 7-8 й                                |                       |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 9<br>самостійної роботи студента - 14 | Освітньо-кваліфікаційний рівень:<br>бакалавр  | <b>Лекції</b>                        |                       |
|   |   | 48 год.                              |                       |
|   |   | <b>Лабораторні</b>                   |                       |
|   |   | 15 год.                              |                       |
|   |   | <b>Практичні</b>                     |                       |
|   |   | 15 год.                              |                       |
|   |   | <b>Самостійна робота</b>             |                       |
|   |   | 99 год.                              |                       |
| <b>Індивідуальні завдання:</b><br><b>10 год.</b>  |   |                                      |                       |
| Вид контролю: екзамен   |   |                                      |                       |

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – (81/99)

для заочної форми навчання -

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета викладання дисципліни** – освоєння сучасних принципів і методів проектування систем управління електроприводом (СУЕП) виконавчих механізмів виконуючих органів (кранів, верстатів, конвеєрів та ін.), їх статичних та динамічних режимів при забезпеченні вимог технологічних процесів, а також методів аналізу та розрахунків основних параметрів та компонентів систем автоматичного управління електроприводами.

Дисципліна «Основи теорії електроприводу» (ОТЕП) відноситься до циклу загально-професійних дисциплін з напрямку 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

**Завдання** полягає у тому, що на основі вимог Освітньо-кваліфікаційної характеристики та Освітньо-професійної програми підготовки бакалавра за напрямом 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” навчити майбутнього фахівця правильно вибирати та розраховувати параметри СУЕП, проектувати регулюючий електропривод.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **Знати:**

- принципи проектування СУЕП промислових механізмів, а також функціональне призначення їх елементів;
- компоненти управління та перетворення енергії для ЕП;
- статичні та динамічні властивості СУЕП промислових механізмів;
- методи розрахунку статичних та динамічних характеристик ЕП для різних режимів роботи;
- методи проектування СУЕП промислових механізмів.

### **Вміти:**

- виконувати розрахунки механічної частини електроприводу, статичних та динамічних діаграм з цілю вибору оптимальної потужності електродвигуна постійного чи змінного струму;
- виконувати розрахунки статичних та динамічних режимів роботи електропривода;
- вибирати засоби регулювання швидкості, та гальмування електродвигунів змінного та постійного струму;
- виконувати розрахунки статичних та динамічних характеристик засобів управління ЕП за допомогою ППП MatLab та MathCAD;
- проектувати схеми СУЕП промислових механізмів з заданими властивостями на базі сучасної елементної бази та мікропроцесорної техніки.

### **Опанувати навиками:**

- роботи з довідково – нормативною та іншою технічною документацією і літературою, ГОСТами та ДСТУ;
- планування, проведення досліджень та експериментів і математичної обробки отриманих результатів;
- формулювання загальних і часткових висновків за результатами досліджень.

### **3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**4.1. Модуль № 1. Механіка електроприводу. засоби регулювання координат електропривода (Лекційні заняття - 30 годин)**

**4.1.1 Змістовий модуль 1. Вступ. Механіка електроприводу (Лекційні заняття - 10 годин).**

**4.1.1.1 Вступ.** (Лекційні заняття - 4 годин)

**4.1.1.2 Тема Т1** Сили та моменти діючі в електроприводі. Рівняння руху електроприводу. (Лекційні заняття - 6 годин)

**4.1.2 Змістовий модуль 2. Електропривода з двигунами постійного струму (Лекційні заняття - 20 годин).**

**4.1.2.1 Тема Т2.** ЕП ДПС паралельного, послідовного, змішаного збудження. (Лекційні заняття - 8 годин)

**4.1.2.2 Тема Т3.** ЕП з двигунами змінного струму. (Лекційні заняття - 6 годин)

**4.1.2.3 Тема Т4.** Вибір електродвигунів за потужністю для режимів S1-S8. (Лекційні заняття - 6 годин)

**4.2 Модуль 2. СУЕП. Перехідні характеристики електроприводів постійного та змінного струму. (Лекційні заняття - 18 годин)**

**4.2.1 Змістовий модуль 3. СУЕП (Лекційні заняття - 10 годин).**

**4.2.1.1 Тема Т5.** Двобічне регулювання швидкості. Система Г-Д. (Лекційні заняття - 4 годин)

**4.2.1.2 Тема Т6.** СУЕП. (Лекційні заняття - 6 годин)

**4.2.2 Змістовий модуль 4. Перехідні процеси в СУЕП з двигунами постійного та змінного струму (Лекційні заняття - 8 годин).**

**4.2.2.1 Тема Т7.** Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП з ДПС. (Лекційні заняття - 4 годин)

**4.2.2.2 Тема Т8.** Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП з АД. (Лекційні заняття - 4 годин)

### **4 ЛЕКЦІЇ**

**4.1. Модуль № 1. Механіка електроприводу. засоби регулювання координат електропривода (Лекційні заняття - 30 годин)**

**4.1.1 Змістовий модуль 1. Вступ. Механіка електроприводу (Лекційні заняття - 10 годин).**

**4.1.1.1 Вступ.** (Лекційні заняття - 4 годин)

**Лекція 1.** Вступ. Поняття АЕП. Класифікація електроприводів.

Д.З.: плакат № 1,2 "Статичні та динамічні навантажувальні діаграми".

Література: [3] с. 90-99, [1], с.4-8.

Завдання на СРС: короткий огляд історії електроприводу.

**Лекція 2.** Механіка електроприводу. Сили та моменти діючі в електроприводі. Рівняння руху ЕП без врахування пружних деформації та зазорів при обертальному та поступовому руху.

Д.З.: слайди, плакати, відео проектор.

Література: [2] с. 8-32, [1], с.9-15

Завдання на СРС: короткий огляд історії електроприводу.

**4.1.1.2 Тема Т1 Сили та моменти діючі в електроприводі. Рівняння руху електроприводу.** (Лекційні заняття - 6 годин)

**Лекція 3.** Приведення моментів інерції к валу двигуна та виконуючого механізму. Розрахунок часу пуску та гальмування.

Д.З.: слайди, плакати, відео проектор.

Література: [2] с. 24-49, [1], с.15-19.

Завдання на СРС: Багатоступеневі пускові діаграми..

**Лекція 4.** Багатомасові системи. Поняття багатомасової системи, приведенні моментів інерції, деформацій та жорсткості механічної частини ЕП.

Д.З.: слайди, плакати, відео проектор.

Література: [3] с. 101-119, [1], с.19-24

Завдання на СРС: Приведення моменту інерції до валу електродвигуна при поступово масі що рухається .

**Лекція 5.** Характеристики виробничих механізмів. Сумісна характеристика виробничого механізму та двигуна.

Д.З.: слайди, плакати, відео проектор.

Література: [2] с. 50-79, [1], с.24-27

Завдання на СРС: Сумісна характеристика вентиляторного механізму та асинхронного двигуна.

**4.1.2 Змістовий модуль 2. Електропривода з двигунами постійного струму** (Лекційні заняття - 14 годин).

**4.1.2.1 Тема Т2.** ЕП ДПС паралельного, послідовного, змішаного збудження. (Лекційні заняття - 8 годин)

**Лекція 6.** Електропривод з ДПС паралельного, незалежного збудження.

ЕП з ДПС паралельного, незалежного збудження. Рівняння механічної та електромеханічної характеристики.

Д.З.: плакат № 3,4 "Механічні, електромеханічні природні, штучні характеристики ДПС з незалежним збудженням при пуску та гальмові",

математична модель ДПС в MatLab.

Література: [1], с.48-56.

Завдання на СРС: Передаточна функція ДПС паралельного збудження.

**Лекція 7.** Методика побудови механічної та електромеханічної характеристики. Регулювання швидкості ДПС. Засоби гальмування, гальмові характеристики.

Д.З.: плакат № 3,4 "Механічні, електромеханічні природні, штучні характеристики ДПС з незалежним збудженням при пуску та гальмові", математична модель ДПС в MatLab.

Література: [1], с.48-56.

Завдання на СРС: Передаточна функція ДПС незалежного збудження.

**Лекція 8.** Електропривод з ДПС послідовного, змішаного збудження.

ЕП з ДПС послідовного, змішаного збудження. Рівняння механічної та електромеханічної характеристики.

Д.З.: плакат № 5,6 "Механічні, електромеханічні природні, штучні і характеристики ДПС з послідовним, змішаним збудженням при пуску та гальмуванні ", математична модель ДПС в MatLab.

Література: [1], с. .57-73

Завдання на СРС: Передаточна функція ДПС послідовного збудження.

**Лекція 9.** Методика побудови механічної та електромеханічної характеристики. Регулювання швидкості ДПС. Статична пускова діаграма.. Засоби гальмування, гальмові характеристики.

Д.З.: плакат № 5,6 "Механічні, електромеханічні природні, штучні і характеристики ДПС з послідовним, змішаним збудженням при пуску та гальмуванні ", математична модель ДПС в MatLab.

Література: [1], с. .57-73

Завдання на СРС: Передаточна функція ДПС змішаного збудження.

**4.1.2.2 Тема ТЗ.** ЕП з двигунами змінного струму. (Лекційні заняття - 6 годин)

**Лекція 10.** Електропривод з АД. ЕП АД з фазним та коротко замкнутим ротором. Рівняння механічної характеристики (рівняння Клосса). Методика побудови механічної характеристики. Регулювання швидкості АД. Статична пускова діаграма. Засоби гальмування, гальмові характеристики.

Д.З.: плакат № 7,8 "Механічні природні, штучні та гальмові характеристики АД ", математична модель АД в MatLab.

Література: [1], с..74-82.

Завдання на СРС: Передаточна функція АД з короткозамкнутим ротором.

**Лекція 11.** Електропривод з АД. Методика побудови механічної характеристики. Регулювання швидкості АД. Статична пускова діаграма. Засоби

гальмування, гальмові характеристики.

Д.З.: плакат № 7,8 "Механічні природні, штучні та гальмові характеристики АД ", математична модель АД в MatLab.

Література: [1], с.74-82.

Завдання на СРС: Передаточна функція АД с фазним ротором.

**Лекція 12.** Електропривод з синхронним двигуном (СД).

ЕП СД. Рівняння механічної характеристики. Режим важкого та легкого пуску СД. Засоби гальмування, гальмові характеристики.

Д.З.: плакат № 9 "Механічна характеристика СД ", математична модель СД в MatLab.

Література: [1] с. 83-103.

Завдання на СРС: Передаточна функція СД.

**4.1.2.3 Тема Т4. Вибір електродвигунів за потужністю для режимів S1-S8.** (Лекційні заняття - 6 годин)

**Лекція 13.** Вибір електроприводів за потужністю у номінальних режимах S1-S8. Метод середніх потер. Метод еквівалентного струму та моменту. Метод еквівалентної потужності. Багатодвигунові системи ЕП

Д.З.: плакат № 10,11 "Приклади навантажувальних діаграм електроприводу в режимах S1-S8".

Література: [1] с. 48-73. [2] с. 3-45.

Завдання на СРС: Багатодвигунові системи ЕП

**Лекція 14.** Принципи та схеми автоматичного керування пуском, гальмуванням та захисту електроприводів. Методика синтеза схем автоматичного управління електроприводами на релейно-контакторних елементах.

Д.З.: плакат № 12-14 "Схеми релейно-контакторних управління пуском та гальмуванням електроприводів з ДПС, АД".

Література: [2] с. 424-455.

Завдання на СРС: Релейно-контакторна схема пуску СД.

**Лекція 15.** Методика синтеза схем автоматичного управління електроприводами на безконтактних елементах

Д.З.: плакат № 15-17 " Комбінаційно-логічні схеми управління пуском та гальмуванням електроприводів з ДПС, АД".

Література: [3] с.185-191.

Завдання на СРС: КЛІС схема пуску СД.

**4.2 Модуль 2. СУЕП. Перехідні характеристики електроприводів постійного та змінного струму.** (Лекційні заняття - 18 годин)

**4.2.1 Змістовий модуль 3. СУЕП** (Лекційні заняття - 10 годин).



#### **4.2.1.1 Тема Т5. Двобіжне регулювання швидкості. Система Г-Д.** (Лекційні заняття - 4 годин)

**Лекція 16.** Поняття двобіжного регулювання швидкості. Електропривод системи генератор – двигун постійного струму.

Д.З.: плакат № 18,19 "Механічні та електромеханічні природні, штучні та гальмові характеристики в системі Г-Д".

Література: [3] с.185-191.

Завдання на СРС: IGBT-тиристри .

**Лекція 17.** Пуск двигуна в системі Г-Д. Гальмування в системі Г-Д.

Д.З.: плакат № 18,19 "Механічні та електромеханічні природні, штучні та гальмові характеристики в системі Г-Д".

Література: [3] с.185-191.

Завдання на СРС: IGBT-тиристри .

#### **4.2.1.2 Тема Т6. СУЕП.** (Лекційні заняття - 6 годин)

**Лекція 18.** Електропривод системи тиристорний перетворювач – двигун постійного струму. Принцип дії ТП.

Д.З.: Макети лабораторних стендів.

Література: [2] с.462-499, [3] с.185-191.

Завдання на СРС: IGBT-тиристри .

**Лекція 19.** Широтно-імпульсне модулювання. Електропривод системи широтно-імпульсний перетворювач – двигун постійного струму (ШИП-ДПС). Принцип дії ШИП.

Д.З.: Макети лабораторних стендів.

Література: [2] с.462-499, [3] с.185-191.

Завдання на СРС: IGBT-транзистори.

**Лекція 20.** Електропривод системи частотний перетворювач – асинхронний двигун (ЧП-АД). Принцип дії ЧП.

Д.З.: Макети лабораторних стендів.

Література: [2] с.462-499, [3] с.195-201.

Завдання на СРС: Автономні інвертори струму .

#### **4.2.2 Змістовий модуль 2. Перехідні процеси в СУЕП з двигунами постійного та змінного струму** (Лекційні заняття - 8 годин).

##### **4.2.2.1 Тема Т7. Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП з ДПС.** (Лекційні заняття - 4 годин)

**Лекція 21.** Поняття перехідного процесу (п/п). Механічна та електромеханічна постійна часу.

Д.З.: № 20,21 "Електромеханічні перехідні процеси ДПС при пуску та гальмові", математична модель ДПС в MatLab.

Література: [2] с.266-299, [3] с.165-185.

Завдання на СРС: Динаміка електроприводу.

**Лекція 22.** Поняття перехідного процесу в електроприводі. Поняття механічної та електричної постійної часу. Електромеханічні перехідні процеси при пуску та гальмуванні електродвигунів.

Д.З.: № 20,21 "Електромеханічні перехідні процеси ДПС при пуску та гальмові", математична модель ДПС в MatLab.

Література: [2] с.266-299, [3] с.165-185.

Завдання на СРС: Динаміка електроприводу з ДПС при пуску в один щабель.

**4.2.2.2 Тема Т8. Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП з АД.**  
(Лекційні заняття - 4 годин)

**Лекція 24.** Методика розрахунку п/п при пуску та гальмуванні АД, ДПС

Д.З.: плакат № 22,23 "Електромеханічні перехідні процеси АД при пуску та гальмові", математична модель А Д в MatLab.

Література: [1] с.99-109, [3] с.165-185.

Завдання на СРС: Динаміка електроприводу з АД при пуску в один щабель.

**Лекція 23.** Електромеханічні перехідні процеси при многоступіневому пуску електроприводів. Електромеханічні перехідні процеси при гальмуванні електроприводів. Методики побудови перехідних процесів при пуску та гальмуванні ДПС та АД.

Д.З.: плакат № 22,23 "Електромеханічні перехідні процеси АД при пуску та гальмові", математична модель А Д в MatLab.

Література: [1] с.99-109, [3] с.165-185.

Завдання на СРС: Динаміка електроприводу з АД при пуску в один щабель.

### 5. Структура навчальної дисципліни

| Назви<br>змістових<br>модулів і тем  | Кількість годин |              |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
|--|-----------------|--------------|------|---|-----|-----|--------------|--------------|----|-----|----|-----|
|  | денна форма     |              |      |   |     |     | Заочна форма |              |    |     |    |     |
|  | усього          | у тому числі |      |   |     |     | усього       | у тому числі |    |     |    |     |
|  |                 | л            | прак | л | інд | с.р |              | л            | п  | лаб | ін | с.р |
| 1  | 2               | 3            | 4    | 5 | 6   | 7   | 8            | 9            | 10 | 11  | 12 | 13  |
| <b>Модуль 1</b>  |                 |              |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
| <b>Змістовий модуль 1 Вступ. Механіка електроприводу.</b>                      |                 |              |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
| Вступ  | 4               | 4            |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
| Тема Т1. Сили та моменти діючі в електроприводі. Рівняння руху електроприводу. | 17              | 6            |      |   |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| Разом за змістовим модулем 1   | 21              | 10           |      |   |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| <b>Змістовий модуль 2. Електропривода з двигунами постійного струму</b>        |                 |              |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
| Тема Т2. ЕП ДПС паралельного, послідовного, змішаного збудження.               | 25              | 8            | 2    | 4 |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| Тема Т3. ЕП з двигунами змінного струму  | 23              | 6            | 2    | 4 |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| Тема Т4. Вибір електродвигунів за потужністю для режимів S1-S8.                | 20              | 6            | 2    | 1 |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| Разом за змістовим модулем 2   | 68              | 20           | 6    | 9 |     | 33  |              |              |    |     |    |     |
| <b>Модуль 2</b>  |                 |              |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
| <b>Змістовий модуль 3. СУЕП</b>  |                 |              |      |   |     |     |              |              |    |     |    |     |
| Тема Т5. Двизонне регулювання швидкості. Система Г-Д.                          | 19              | 4            | 2    | 2 |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| Тема Т6. СУЕП  | 21              | 6            | 2    | 2 |     | 11  |              |              |    |     |    |     |
| Разом за змістовим модулем 3   | 40              | 10           | 4    | 4 |     | 22  |              |              |    |     |    |     |

| 1   | 2          | 3         | 4         | 5         | 6 | 7         | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|---|-----------|---|---|----|----|----|----|
| <b>Змістовий модуль 4. Перехідні процеси в СУЕП з двигунами постійного та змінного струму</b> |            |           |           |           |   |           |   |   |    |    |    |    |
| Тема Т7. Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП з ДПС   | 18         | 4         | 2         | 1         |   | 11        |   |   |    |    |    |    |
| Тема Т8. Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП з АД  | 19         | 4         | 3         | 1         |   | 11        |   |   |    |    |    |    |
| Разом за змістовим модулем 4  | 37         | 8         | 5         | 2         |   | 22        |   |   |    |    |    |    |
| <b>Усього годин</b>   | <b>180</b> | <b>48</b> | <b>15</b> | <b>15</b> |   | <b>99</b> |   |   |    |    |    |    |

#### 6. Теми лабораторних занять

| № з/п               | Назва теми  | Кількість годин |
|---------------------|---|-----------------|
| 1                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості ДПС з незалежним збудженням за рахунок зміни напруги на якорі.                | 2               |
| 2                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості ДПС з незалежним збудженням за рахунок вводу додаткового опору в ланку якорю. | 2               |
| 3                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості ДПС з незалежним збудженням за рахунок ослаблення потокосцеплення             | 2               |
| 4                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості АД з фазним ротором за рахунок зміни напруги на статорі.                      | 2               |
| 5                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості АД з фазним ротором за рахунок вводу додаткового опору в ланку ротору.        | 2               |
| 6                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості АД з короткозамкнутим ротором за рахунок зміни частоти сеті                   | 2               |
| 7                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості у системі ТП-ДПС  | 3               |
| <b>Усього годин</b> |   | <b>15</b>       |

## 7. Теми практичних занять

| № з/п               | Назва теми   | Кількість годин |
|---------------------|--|-----------------|
| 1                   | Розробка релейно-контакторної схеми пуску та гальмування ДПС з незалежним струмом.                   | 3               |
| 2                   | Розробка релейно-контакторної схеми пуску та гальмування АД з фазним ротором.                        | 3               |
| 3                   | Розрахунок та побудова графіків перехідних процесів багатоступеневого пуску ДПС з незалежним струмом | 3               |
| 4                   | Розрахунок та побудова графіків перехідних процесів багатоступеневого пуску АД з фазним ротором      | 3               |
| 5                   | Математичне моделювання регулювання кутової швидкості у системі перетворювач частоти АД              | 3               |
| <b>Усього годин</b> |  | <b>15</b>       |

## 8. Самостійна робота

| № з/п               | Назва теми  | Кількість годин |
|---------------------|---|-----------------|
| 1                   | Вступ. Короткий огляд історії електроприводу  | 11              |
| 2                   | Тема Т1. Приведення моменту інерції до валу електродвигуна при поступово масі що рухається. Сумісна характеристика вентиляторного механізму та асинхронного двигуна | 11              |
| 3                   | Тема Т2. Передаточна функція ДПС паралельного послідовного та змішаного збудження.  | 11              |
| 4                   | Тема Т3. Передаточна функція АД з коротко замкнутим та фазним ротором   | 11              |
| 5                   | Тема Т4. Багатодвигунові системи ЕП. Релейно-контакторна схема пуску СД   | 11              |
| 6                   | Тема Т5. GBT-тиристири. Автономні інвертори струму  | 11              |
| 7                   | Тема Т6. Розробка АСУ на базі схеми підсистеми поточного контролю з застосуванням ПЛК   | 11              |
| 8                   | Тема Т7. Динаміка електроприводу з ДПС при пуску в один щабель  | 11              |
| 9                   | Тема Т8. Динаміка електроприводу з АД при пуску в один щабель.  | 11              |
| <b>Всього годин</b> |   | <b>99</b>       |

## 8. Індивідуальні завдання

На протязі 7 та 8 триместру студенти паралельно з аудиторними лекційними і практичними заняттями виконують індивідуальні домашні завдання в вигляді проекту підсистеми поточного контролю з теми, визначеної викладачем.

Приблизна тематика рефератів:

- Визначення понять автоматизованого електропривода. Класифікація

й типи електроприводів.

– Регулювання швидкості двигунів постійного струму незалежного порушення шляхом зміни опору якірного ланцюга, живлячої напруги, потоку в обмотці збудження. Електромеханічні характеристики. Особливості регулювання. Статизм.

– Сили й моменти, що діють в електроприводах. Активний, реактивний і динамічний момент. Рівняння руху електропривода без обліку деформацій і зазорів.

– Регулювання швидкості двигунів постійного струму незалежного порушення в системі генератор-двигун (Г-Д). Пуск і гальмування двигуна в системі Г-Д. Електромеханічні характеристики. Статизм.

– Визначення понять автоматизованого електропривода. Класифікація й типи електроприводів. Рівняння руху при поступально переміщаються елементах.

– Регулювання швидкості двигунів постійного струму незалежного порушення в системі тиристорним перетворювач - двигун (ТП-Д). Нульова й мостова схеми з'єднання тиристорів. Режим переривчастих і безперервних струмів. Механічні характеристики.

– Приведення статичного моменту опору до однієї осі. Приведення моментів інерції до вала двигуна. Наведений момент інерції до вала виробничих механізмів.

– Регулювання швидкості двигунів постійного струму незалежного порушення за допомогою імпульсного регулятора напруги. Шпаруватість. Однополярна й двухполярна схема імпульсного перетворювача. Електромеханічні характеристики.

– Приведення статичного моменту опору при наявності поступально переміщення елементів. Наведений момент інерції до однієї осі при наявності поступально, що переміщається маси.

– Визначення часу пуску й гальмування з рівняння руху електропривода.

– Визначення часу пуску електропривода, якщо динамічний момент змінюється по залежності . Визначення шляху робочим органом механізмом.

– Визначення оптимального передаточного числа механізму електропривода з урахуванням дії мас інерції при пуску й гальмуванні на електродвигун.

– Багатомасові системи. Поняття про багато масові системи. Твердість пружних зв'язків. Піддатливість. Приведення моментів інерції, деформації, твердості. Побудоварозрахункової схеми механічної частини електропривода.

– Узагальнена двумасова схема електропривода. Рівняння руху двумасової системи. Структурна схема двумасова пружної механічної системи. Перед-точна функція по керуючому впливі.

– Характеристики електродвигунів. Природна, електромеханічна й механічна характеристика (двигунів постійний і змінний токи).

– Характеристики виробничих механізмів. Спільна характеристика

двигуна й виробничого механізму. Умова усталеної роботи в сталому режимі.

- Електропривод із двигуном постійного струму (ДПТ) незалежного (паралельного) порушення. Передатна функції ДПТ незалежного порушення.

- Побудова структурної схеми електропривода із двигуном постійного струму незалежного збудження з обліком одного (напруги якірного ланцюга) і двох управляючих впливів (напруг якірного ланцюга й обмотки збудження).

- Електромеханічні й механічні характеристики двигуна постійного струму з незалежним порушенням. Вплив опору якірного ланцюга, напруги живлення, потоку в обмотці збудження на зовнішній вигляд електромеханічної характеристики. Твердість механічної характеристики.

- Реостатний пуск асинхронного двигуна з фазним ротором. Розрахунок пускового реостату графо-аналітичним методом.

- Реостатний пуск двигуна постійного струму з незалежним порушенням. Розрахунок пускового реостата аналітичним методом.

- Гальмування двигуна постійного струму з незалежним порушенням. Генераторне гальмування з віддачею електроенергії в мережу, гальмова електромеханічна характеристика, особливості.

- Гальмування двигуна постійного струму з незалежним порушенням. Динамічне гальмування, гальмова електромеханічна характеристика, особливості.

- Гальмування двигуна постійного струму з незалежним порушенням. Гальмування противключенням. Режими гальмового спуска й реверсивного гальмування противключенням, гальмові електромеханічні характеристики, особливості.

- Електропривод із двигуном постійного струму послідовного порушення. Вплив опору якірного ланцюга, живлячої напруги, потоку в обмотці збудження на зовнішній вигляд електромеханічної характеристики. Твердість механічної характеристики.

- Гальмування двигуна постійного струму з послідовним порушенням. Гальмування противключенням. Режими гальмового спуска й реверсивного гальмування противключенням, гальмові електромеханічні характеристики, особливості.

- Гальмування двигуна постійного струму з послідовним порушенням. Динамічне гальмування з незалежним порушенням і самозбудженням. Гальмові електромеханічні характеристики, особливості.

- Електропривод із двигуном зі змішаним порушенням. Вплив опору якірного ланцюга, живлячої напруги, потоку в обмотці збудження на зовнішній вигляд електромеханічної характеристики. Твердість механічної характеристики. Способи гальмування, гальмові характеристики.

- Електропривод з асинхронним електродвигуном (АД). Рівняння струму й моменту, їхній аналіз. Рівняння Клосса, механічна характеристика ПЕКЛЮ. Способи регулювання швидкості обертання вала АД.

- Пуск асинхронного електродвигуна з короткозамкненим і фазним ротором. Розрахунок опорів пускового реостата. Пускова реостатна характеристика  $M=f(s)$ .

– Гальмування асинхронного електродвигуна. Гальмування противключенням. Режиму гальмового спуска й реверсивного гальмування противключенням, гальмові механічні характеристики, особливості.

– Гальмування асинхронного електродвигуна. Генераторне гальмування, гальмова механічна характеристика, особливості.

– Гальмування асинхронного електродвигуна. Динамічне гальмування з незалежним збудженням і самозбудженням. Гальмові механічні характеристики, особливості.

– Електропривод із синхронним електродвигуном. Рівняння синхронного й реактивного моменту. Пуск (режими важкого й легкого пуску), гальмування синхронного електродвигуна. Механічні характеристики, особливості.

Роботи повинні представляти собою огляд патентів та технічної літератури, проектування схем автоматизації та електричних зовнішніх підключень, вибір вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів з вказаної теми. Об'єм реферату повинен бути 10-15 сторінок, оформлених в текстовому редакторі WORD шрифтом Times New Roman №14 з міжрядковим інтервалом 1,5.

## 9. Методи навчання

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практична робота, домашні завдання.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

При викладанні дисципліни передбачається використання мультимедійних засобів, плакатів, фолій для графопроектора, слайдів і натурних зразків. Розглядаються характерні приклади реальних процесів в галузі автоматизації. Особлива увага приділяється сучасним засобам автоматизації, технологіям проектування автоматизованих систем, а також сучасним методам та методикам управління і контролю технологічних параметрів.

Використовуються також рекламні проспекти провідних фірм – розробників технологій, обладнання і приладів, виробників та постачальників технічних засобів автоматизації.

На практичних заняттях провадяться вивчення сучасних засобів автоматизації технологічних процесів, а також принципів побудови АСУ. Вивчаються вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми, їх динамічні характеристики та схеми підключення до модулів станції Simatic S7-300/

Для покращення засвоювання матеріалу студентам рекомендується поглиблене самостійне вивчення окремих питань і написання індивідуальної домашньої роботи. Успіх вивчення дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи студента з матеріалами лекцій і рекомендованою літературою.



## 10. Методи контролю

Передбачається використання модульно – рейтингової системи оцінювання знань. Основною формою контролю знань студентів в кредитно модульній системі є складання студентами всіх запланованих модулів. Формою контролю є накопичувальна система. Складання модуля передбачає виконання студентом комплексу заходів, запланованих кафедрою і передбачених семестровим графіком навчального процесу та контролю знань студентів, затверджених деканом факультету.

Підсумкова оцінка за кожний модуль виставляється за 100-бальною шкалою. При умові, що студент успішно здає всі контрольні точки, набравши з кожної з них не менше мінімальної кількості балів, необхідної для зарахування відповідної контрольної точки, виконує та успішно захищає практичні роботи, самостійно виконує і успішно захищає індивідуальне завдання з обраної теми, та має за результатами роботи в триместрі підсумковий рейтинг не менше 55 балів, то за бажанням студента в залежності від суми набраних балів йому виставляється підсумкова екзаменаційна оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS. Переведення набраних студентом балів за 100-бальною шкалою в оцінки за національною (5-бальною) шкалою та шкалою ECTS здійснюється в відповідності до таблиці:

| <b>Рейтинг студента за 100-бальною шкалою</b> | <b>Оцінка за національною шкалою</b>                       | <b>Оцінка за шкалою ECTS</b> |
|---|--|------------------------------|
| 90-100 балів                                  | відмінно   | A                            |
| 81-89 балів                                   | добре  | B                            |
| 75-80 балів                                   | добре  | C                            |
| 65-74 балів                                   | задовільно   | D                            |
| 55-64 балів                                   | задовільно   | E                            |
| 30-54 балів                                   | незадовільно з можливістю повторного складання             | FX                           |
| 1-29 балів                                    | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни | F                            |

Контроль знань студентів передбачає проведення вхідного, поточного і підсумкового контролю.

Вхідний контроль знань проводиться на першому тижні сьомого триместру, в якому вивчається навчальна дисципліна, і включає контроль залишкових знань з окремих навчальних дисциплін, які передують вивченню дисципліни «Технічні засоби автоматизації» і є базовими для її засвоєння.

Поточний контроль знань студентів включає наступні види:

- вибірковий усний опит перед початком кожної практичної роботи по темі заняття із виставленням оцінок (балів);
- захист кожної практичної роботи з виставленням оцінок (балів);
- захист індивідуальних завдань з самостійної роботи;
- програмований на ПЕОМ або безмашинний за допомогою карток контроль перед початком виконання практичних робіт;
- програмований на ПЕОМ або безмашинний за допомогою карток контроль з окремих тем або змістовних модулів дисципліни;
- письмові контрольні роботи з окремих модулів дисципліни.

Підсумковий контроль знань включає наступні види:

- модульний контроль за результатами захисту робіт, програмованого контролю знань і контрольних робіт;
- екзамен (письмовий) після завершення вивчення дисципліни наприкінці 8-го триместру;
- визначення рейтингу за підсумками роботи студента в триместрі і рейтингу з навчальної дисципліни.

Контрольні роботи з теоретичної частини дисципліни за модулями розподілені таким чином

| № модуля | № змістовного модуля | № теми | Тема контрольної роботи   | Кількість варіантів |
|----------|----------------------|--------|---|---------------------|
| 1        | 1-2                  | 1-5    | <b>КР1</b> за темами: «Сили та моменти діючі в електроприводі. Рівняння руху електроприводу» «ЕП ДПС паралельного, послідовного, змішаного збудження» | 30                  |
|          | 3-4                  | 4-7    | <b>КР2</b> за темами: «ЕП з двигунами змінного струму» «Вибір електродвигунів за потужністю для режимів S1-S8»  | 30                  |
| 2        | 5-6                  | 8-11   | <b>КР3</b> за темами «Двухзонне регулювання швидкості. Система Г-Д» «Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП»  | 30                  |

Приблизна структура карток вхідного контролю, варіантів письмових модульних контрольних робіт і перелік основних питань для підготовки до контрольних робіт та до підсумкового контролю знань студентів наведені в додатку А.

### 11. Триместровий графік навчального процесу та контролю знань з дисципліни в 7 и 8 навчальному триместрі

| Вид навчальних занять або контролю | Розподіл між учбовими тижнями |    |       |    |       |    |      |    |      |      |      |    |      |    |      |            |      |      |       |      |       |       |      |   | Вид підсумкового триместрового контролю |
|------------------------------------|-------------------------------|----|-------|----|-------|----|------|----|------|------|------|----|------|----|------|------------|------|------|-------|------|-------|-------|------|---|---|
|                                    | 7 триместр                    |    |       |    |       |    |      |    |      |      |      |    |      |    |      | 8 триместр |      |      |       |      |       |       |      |   |   |
|                                    | 1                             | 2  | 3     | 4  | 5     | 6  | 7    | 8  | 9    | 10   | 11   | 12 | 13   | 14 | 15   | 1          | 2    | 3    | 4     | 5    | 6     | 7     | 8    | 9 |   |
| Лекції                             | 2                             | 2  | 2     | 2  | 2     | 2  | 2    | 2  | 2    | 2    | 2    | 2  | 2    | 2  | 2    | 2          | 2    | 2    | 2     | 2    | 2     | 2     | 2    | 2 | МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ<br>ЕКЗАМЕН           |
| Практичні роботи                   |                               | 2  |       | 2  |       | 2  |      | 2  |      | 2    |      |    | 1    |    | 2    |            | 2    |      | 2     |      | 2     |       | 1    |   |   |
| Лаборат. роботи                    | 2                             |    | 2     |    | 2     |    | 2    |    | 2    |      | 2    |    |      | 1  | 2    |            | 2    |      | 2     |      | 2     |       | 1    |   |   |
| Сам. робота                        | 11                            | 11 | 11    | 11 | 11    | 11 | 11   | 11 | 11   | 11   | 11   | 11 | 11   | 11 | 11   | 11         | 11   | 11   | 11    | 11   | 11    | 11    | 11   |   |   |
| Консультації                       |                               |    |       |    | Конс  |    |      |    |      | Конс |      |    | Конс |    |      |            | Конс |      |       | Конс |       |       | Конс |   |   |
| Контр. роботи                      | ВК                            |    |       |    | К1    |    |      |    |      |      |      |    | К2   |    |      |            |      |      |       | К3   |       |       |      |   |   |
| Модулі                             |                               | ●  |       |    |       |    | М1   |    |      |      |      |    |      |    | ●    |            |      |      | М2    |      |       |       | ●    |   |   |
| Контроль по модулю                 | ЗПР 1                         |    | ЗПР 2 |    | ЗПР 3 |    | ЗПР4 |    | ЗПР5 |      | ЗПР6 |    | ЗПР7 | МК | ЗПР8 | ЗЛР1       | ЗПР9 | ЗЛР2 | ЗПР10 | ЗЛР3 | ЗПР11 | ЗПР12 | Е    |   |   |

ВК – вхідний контроль; ЗПР - захист практичної роботи; К– письмова контрольна робота; ЗСР – захист самостійної роботи; Конс. – консультація; Е – екзамен; ДЗ – діф. залік. А – атестація.

## 12. Кредитно-модульна система оцінки знань студентів в 7 и 8 навчальному триместрі

| № п/п                      | № модуля                          | Форма контролю                    | № навчального тижня | Кількість балів |  | Короткий зміст контрольної точки та час на її проведення  | Література                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|--|---|--|
|                            |                                   |                                   |                     | максимальна     | мінімальна   |   |  |
| 1                          | 2                                 | 3                                 | 4                   | 5               | 6  | 7   | 8  |
| 1                          | Модуль №1                         | Захист практичної роботи №1-2     | 4                   | 10              | 6  | Захист практичної роботи відбувається у вигляді співбесіди студента з викладачем з теоретичної частини й методики виконання роботи, обговоренню отриманих результатів і висновках з роботи. Практична робота вважається захищеною, якщо студент якісно виконав роботу, відповідно до вимог оформив звіт, обробив отримані результати, коректно сформулював висновки й у процесі співбесіди відповів на основні запитання викладача. | [5], с.6-10                                  |
| 2                          |                                   | Захист практичної роботи №3-4     | 8                   | 10              | 6  |   | [5], с.11-16                                 |
| 3                          |                                   | Захист практичної роботи №5-6     | 12                  | 10              | 6  |   | [5], с.17-22                                 |
| 4                          |                                   | Захист практичної роботи №7       | 14                  | 10              | 7  |   | [5], с 23-25                                 |
| 4                          |                                   | Контрольна робота КР1 з модуля №1 | 5                   | 30              | 15   | Проводиться в години занять протягом однієї пари (2 академічні години). Завдання на контрольну роботу включає питання:<br><u>1 питання</u> – з тем: «ЕП ДПС паралельного, послідовного, змішаного збудження»<br><u>2 питання</u> – з тем: «ЕП з двигунами змінного струму»<br><u>3 питання</u> – з тем: «Вибір електродвигунів за потужністю для режимів S1-S8»   | [1], с 8-55;<br>[6], с 10-22;<br>[9], с 6-42 |
| 5                          | Контрольна робота КР2 з модуля №1 | 14                                | 30                  | 15              | Проводиться в години занять протягом однієї пари (2 академічні години). Завдання на контрольну роботу включає питання:<br><u>1 питання</u> – з теми: «Електричні та гідравлічні апарати»<br><u>2 питання</u> – Електричні машини.<br><u>3 питання</u> – Модулі програмувальних логічних контролерів. | [1], с 56-106;<br>[8], с 243-316;<br>[6], с 34-45;<br>[7], с 32-34;<br>[5], с 11-12   |  |
| <b>Усього по модулю №1</b> |                                   |                                   |                     | <b>100</b>      | <b>55</b>  | <b>Вісовий коефіцієнт модуля в триместрі– 0,5</b>   |  |

| 1                          | 2         | 3                                 | 4 | 5          | 6         | 7   | 8  |
|----------------------------|-----------|-----------------------------------|---|------------|-----------|---|--|
| 5                          | Модуль №2 | Захист практичної роботи №8       | 2 | 10         | 5         | Захист лабораторної та практичної роботи відбувається у вигляді співбесіди студента з викладачем з теоретичної частини й методики виконання роботи, обговоренню отриманих результатів і висновках з роботи. Лабораторна робота вважається захищеною, якщо студент якісно виконав роботу, відповідно до вимог оформив звіт, обробив отримані результати, коректно сформулював висновки й у процесі співбесіди відповів на основні запитання викладача. | [5], с.26-30;  |
| 6                          |           | Захист практичної роботи №9       | 3 | 10         | 5         |   | [5], с.31-36;  |
| 7                          |           | Захист практичної роботи №10      | 5 | 10         | 5         |   | [5], с.37-42;  |
| 8                          |           | Захист практичної роботи №11      | 6 | 10         | 5         |   | [5], с.43-50;  |
| 9                          |           | Захист практичної роботи №12      | 8 | 10         | 6         |   | [5], с.51-56;  |
| 10                         |           | Захист лабораторної роботи №1     |   | 10         | 6         |   |  |
| 11                         |           | Захист лабораторної роботи №2     |   | 10         | 6         |   |  |
| 12                         |           | Захист лабораторної роботи №3     |   | 10         | 6         |   |  |
| 13                         |           | Захист лабораторної роботи №4     |   | 10         | 6         |   |  |
| 14                         |           | Контрольна робота КР3 з модуля №2 | 5 | 10         | 5         |   | Проводиться в години лекційних занять або на консультації протягом однієї пари. Завдання на контрольну роботу включає 2 питання:<br><u>1 питання</u> – з теми: «СУЕП»<br><u>2 питання</u> – з теми «Поняття перехідного процесу (п/п) СУЕП». |
| <b>Усього по модулю №2</b> |           |                                   |   | <b>100</b> | <b>55</b> | <b>Вісовий коефіцієнт модуля в триместрі– 0,5</b>   |  |

### 13. Методичне забезпечення

1. Основи теорії електроприводу. Модуль 1. Конспект лекцій. Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної і заочної форм навчання / Сост. А.В. Разживин – Краматорськ: ДГМА, 2012– Електронний варіант. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/umkd/avp/otep.rar>.
2. Основи теорії електроприводу. Модуль 2. Конспект лекцій. Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної і заочної форм навчання / Сост. А.В. Разживин – Краматорськ: ДГМА, 2012– Електронний варіант. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/umkd/avp/otep.rar>.
3. Основи теорії електроприводу. Методичні вказівки до виконання курсової роботи. Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної і заочної форм навчання / Сост. А.В. Разживин – Краматорськ: ДГМА, 2012– Електронний варіант. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/umkd/avp/otep.rar>
4. Основи теорії електроприводу. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи. Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної і заочної форм навчання / Сост. А.В. Разживин – Краматорськ: ДГМА, 2012– Електронний варіант. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/umkd/avp/otep.rar>
5. Основи теорії електроприводу. Методичні вказівки до виконання практичних завдань. Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної і заочної форм навчання / Сост. А.В. Разживин – Краматорськ: ДГМА, 2010– електронний варіант. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/umkd/avp/otep.rar>

### 14. Рекомендована література

#### 14.1. Базова

6. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Энергоиздат, 1991.- 452 с.
7. Электрооборудование кранов: /А.П.Боголюбовский, Е.М.Певзнер, Н.Ф. Семерная и др. - М.: Машиностроение, 1983. - 310 с.
8. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. - М.: Энергоиздат, 1981. - 560 с.
9. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1960. - 360 с.
10. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 415 с.

11. Фотиев М.М. Электрооборудование предприятий черной металлургии. - М.: Металлургия, 1980. - 312 с.
12. Иванченко Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. - Киев: Вища шк., 1978. - 576 о.
13. Ключев В.И. Выбор электродвигателей для производственных механизмов. - М.: Энергия, 1974. - 96 с.
14. Хализев Г.Л., Серов В.И. Расчет пусковых, тормозных и регулировочных устройств для электродвигателей. - М.: Высш, шк., 1966. - 280 с.
15. Рапутов Б.М, Электрооборудование металлургических кранов. - М.: Металлургия, 1968. - 223 с.
16. Кравчик Э.А., Стрельбицкий, Э.К., Шлаф М. М. Выбор и применение асинхронных двигателей. - М.: Энергоатомиздат, 1967. - 93 с.

#### 14.2. Допоміжна

17. Брусникин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины, ч.1,2. – М.: Энергоиздат, 1987.
18. Бессонов П.А. Теоретические основы электротехники. – М. Высш. Школа, 1993.- 752 с.
19. Режимы резания: Справочник / Под ред. Ю.Б. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 560 с.
20. Сандлер А.Г. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1987. – 440 с.
21. Кравчик А.Э., Стрельбицкий Э.К. Шлаф М.М. Выбор и применение асинхронных двигателей. – М.: Энергоатом издат, 1987. – 95 с.
22. Двигатели асинхронные единой серии 4А мощностью 0,06...400 кВт: Каталог. – М.: Информэлектро, 2000. – 108 с.
23. Машины постоянного тока серии 2П: каталог. – М.: Информэлектро, 2000. – 33 с.

#### 15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.siemens.com/answers/ua/en/index.htm?stc=uaccc0200012>. <http://delta-grup.ru/bibliot/12/42.htm>
3. <http://automation-system.ru/books-shop.html>
4. [http://teplolib.ru/load/kip\\_avtomatika\\_i\\_asu\\_tp/13](http://teplolib.ru/load/kip_avtomatika_i_asu_tp/13)
6. <http://www.highbeam.com/publications/modern-casting-p5770>
8. [http://www.sick-automation.ru/articles/articles\\_14.html](http://www.sick-automation.ru/articles/articles_14.html)

Робоча програма складена  
доц. кафедри АВП,  
к.т.н., доц.

. Разживін Олексій Валерійович.

## **ДОДАТКИ**

до робочої навчальної програми з дисципліни  
“Основи теорії електроприводу”  
(для денної форми навчання)



## *ДОДАТОК А*

### *ПИТАННЯ ДО ЕКЗАМЕНУ З ДИСЦИПЛІНИ “ОТЕП”*

#### *Питання за модулем № 1, 2.*

1. Определение понятий автоматизированного электропривода. Классификация и типы электроприводов.
2. Регулирование скорости двигателей постоянного тока независимого возбуждения путем изменения сопротивления якорной цепи, питающего напряжения, потока в обмотке возбуждения. Электромеханические характеристики. Особенности регулирования. Статизм.
3. Силы и моменты, действующие в электроприводах. Активный, реактивный и динамический момент. Уравнение движения электропривода без учета деформаций и зазоров.
4. Регулирование скорости двигателей постоянного тока независимого возбуждения в системе генератор-двигатель (Г-Д). Пуск и торможение двигателя в системе Г-Д. Электромеханические характеристики. Статизм.
5. Определение понятий автоматизированного электропривода. Классификация и типы электроприводов. Уравнение движения при поступательно перемещающихся элементах.
6. Регулирование скорости двигателей постоянного тока независимого возбуждения в системе тиристорным преобразователь – двигатель (ТП-Д). Нулевая и мостовая схемы соединения тиристоров. Режим прерывистых и непрерывных токов. Механические характеристики.
7. Приведение статического момента сопротивления к одной оси. Приведение моментов инерции к валу двигателя. Приведенный момент инерции к валу производственных механизмов.
8. Регулирование скорости двигателей постоянного тока независимого возбуждения с помощью импульсного регулятора напряжения. Скважность. Однополярная и двухполярная схема импульсного преобразователя. Электромеханические характеристики.

9. Приведение статического момента сопротивления при наличии поступательно перемещающихся элементов. Приведенный момент инерции к одной оси при наличии поступательно перемещающейся массы.
10. Определение времени пуска и торможения из уравнения движения электропривода.
11. Определение времени пуска электропривода, если динамический момент изменяется по зависимости  $M_{дин} = a - b\omega$ . Определение пути проходимого рабочим органом механизма.
12. Определение оптимального передаточного числа механизма электропривода с учетом действия масс инерции при пуске и торможении на электродвигатель.
13. Многомассовые системы. Понятие о много массовых системах. Жесткость упругих связей. Податливость. Приведение моментов инерции, деформации, жесткости. Составление расчетной схемы механической части электропривода.
14. Обобщенная двухмассовая схема электропривода. Уравнение движения двухмассовой системы. Структурная схема двухмассовой упругой механической системы. Передаточная функция по управляющему воздействию.
15. Характеристики электродвигателей. Естественная, электромеханическая и механическая характеристика (двигателей постоянного и переменного тока).
16. Характеристики производственных механизмов. Совместная характеристика двигателя и производственного механизма. Условие устойчивой работы в установившемся режиме.
17. Электропривод с двигателем постоянного тока (ДПТ) независимого (параллельного) возбуждения. Передаточная функции ДПТ независимого возбуждения.

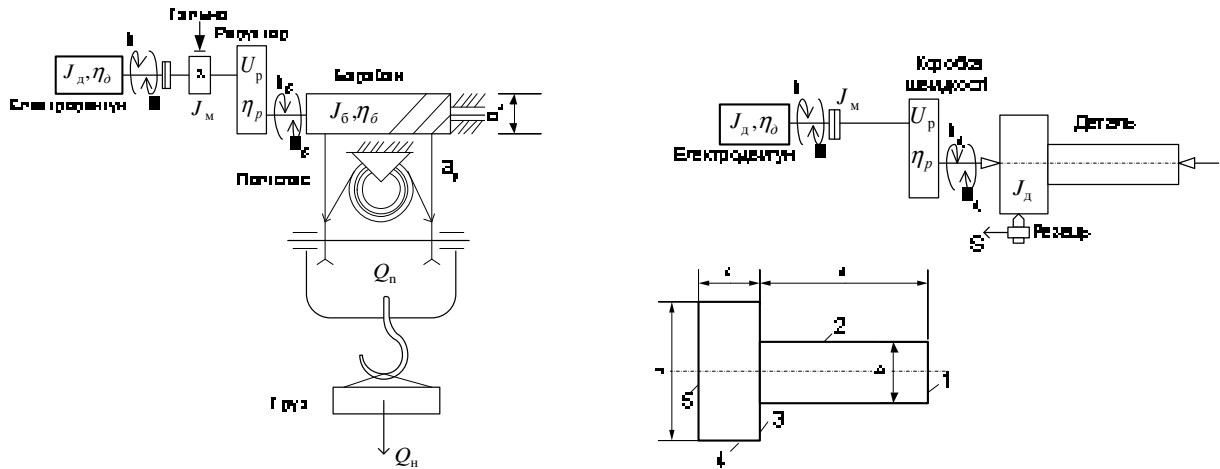
18. Построение структурной схемы электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения с учетом одного (напряжения якорной цепи) и двух управляющих воздействий (напряжений якорной цепи и обмотки возбуждения).
19. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Влияние сопротивления якорной цепи, питающего напряжения, потока в обмотке возбуждения на внешний вид электромеханической характеристики. Жесткость механической характеристики.
20. Реостатный пуск асинхронного двигателя с фазным ротором. Расчет пускового реостата графо-аналитическим методом.
21. Реостатный пуск двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Расчет пускового реостата аналитическим методом.
22. Торможение двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Генераторное торможение с отдачей электроэнергии в сеть, тормозная электромеханическая характеристика, особенности.
23. Торможение двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Динамическое торможение, тормозная электромеханическая характеристика, особенности.
24. Торможение двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Торможение противовключением. Режимы тормозного спуска и реверсивного торможения противовключением, тормозные электромеханические характеристики, особенности.
25. Электропривод с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения. Влияние сопротивления якорной цепи, питающего напряжения, потока в обмотке возбуждения на внешний вид электромеханической характеристики. Жесткость механической характеристики.
26. Торможение двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Торможение противовключением. Режимы тормозного

спуска и реверсивного торможения противовключением, тормозные электромеханические характеристики, особенности.

27. Торможение двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением. Тормозные электромеханические характеристики, особенности.
28. Электропривод с двигателем со смешанным возбуждением. Влияние сопротивления якорной цепи, питающего напряжения, потока в обмотке возбуждения на внешний вид электромеханической характеристики. Жесткость механической характеристики. Способы торможения, тормозные характеристики.
29. Электропривод с асинхронным электродвигателем (АД). Уравнения тока и момента, их анализ. Уравнение Клосса, механическая характеристика АД. Способы регулирования скорости вращения вала АД.
30. Пуск асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым и фазным ротором. Расчет сопротивлений пускового реостата. Пусковая реостатная характеристика  $M=f(s)$ .
31. Торможение асинхронного электродвигателя. Торможение противовключением. Режимы тормозного спуска и реверсивного торможения противовключением, тормозные механические характеристики, особенности.
32. Торможение асинхронного электродвигателя. Генераторное торможение, тормозная механическая характеристика, особенности.
33. Торможение асинхронного электродвигателя. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением. Тормозные механические характеристики, особенности.
34. Электропривод с синхронным электродвигателем. Уравнения синхронного и реактивного момента. Пуск (режимы тяжелого и легкого пуска), торможение синхронного электродвигателя. Механические характеристики, особенности.

## Завдання до контрольної роботи

Відповідно до індивідуального завдання необхідно розрахувати основні елементи електроустаткування механізму під'єму мостового крана чи верстатного електропривода головного руху за кінематичної схемою.



Зміст контрольної роботи:

- 1) Побудова статичної навантажувальної діаграми, розрахунок ПВ.
- 3) Вибір електродвигуна по потужності та швидкості.
- 4) Динамічна навантажувальна діаграма електродвигуна. Розрахунок середніх динамічних моментів. Уточнення режиму роботи двигуна.
- 5) Перевірочний розрахунок електродвигуна по нагріву.
- 6) Оцінка навантаженої здібності електродвигуна.
- 7) Перевірка електродвигуна за умовами пуску.
- 8) Природна та робоча механічна характеристика електродвигуна.
- 9) Пускова діаграма, розрахунок пускорегулюючих опорів. Алгоритм розрахунку числа пускових ступіней електродвигуна.
- 10) Механічні характеристики двигуна в режимі електричного гальмування.
- 11) Розрахунок перехідних процесів при багатоступеневому пуску електродвигуна по швидкості, струму (моменту).

Таблица А.1 – Вхідні дані до виконання контрольної роботи та варіанти завдань

| Параметр  | Вариант |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 1       | 3    | 5    | 7    | 9    | 11   | 13   | 15   | 17   | 19   | 21   | 23   |
| Грузоподъемность крана $Q_n$ , т                                  | 1,5     | 2    | 3,2  | 5    | 8    | 12,5 | 20   | 32   | 50   | 80   | 125  | 160  |
| Скорость подъема (спуска) $v_n$ , м/с                             | 0,2     | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,2  | 0,15 | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Допустимое ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>                       | 0,3     | 0,5  | 0,2  | 0,5  | 0,3  | 0,3  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,1  | 0,2  | 0,2  |
| Рабочий путь подъема (спуска) $H$ , м                             | 2       | 2    | 6    | 2    | 9    | 3    | 9    | 3    | 6    | 9    | 6    | 6    |
| Диаметр барабана лебедки $D_b$ , м                                | 0,26    | 0,26 | 0,26 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,5  |
| Масса барабана лебедки $Q_b$ , т                                  | 0,14    | 0,14 | 0,14 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,83 | 0,83 |
| КПД механизма $\eta_m$  | 0,85    | 0,8  | 0,8  | 0,85 | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,85 | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,85 |
| Маховый момент муфты с тормозным шкивом $J_m$ , кг·м <sup>2</sup> | 0,3     | 0,3  | 0,3  | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 5,4  | 5,4  | 5,4  | 14   | 14   | 14   |
| Передаточное число редуктора $u$                                  | 50,9    | 50,9 | 50,9 | 41,3 | 41,3 | 32,4 | 41,3 | 32,4 | 24,9 | 24,9 | 24,9 | 24,9 |
| Тип электродвигателя  | АД      | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  |
| Способ электрического торможения                                  | ПР      | ПР   | ПР   | ДТ   | ДТ   | ДТ   | ПР   | ПР   | ДТ   | ДТ   | ДТ   | ДТ   |
| Кратность полиспаста  | 1       | 1    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 4    | 4    | 5    | 6    | 6    |

Примечание: ПР – способ торможения противовключением

ДТ – динамическое торможение

Продовження таблиці А.1

| Параметр \ Вариант  | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Наибольший диаметр детали, а, мм                            | 300  | 400  | 500  | 450  | 430  | 600  | 550  | 380  | 290  | 430  | 580  | 650  |
| Наименьший диаметр детали, b, мм                            | 250  | 200  | 150  | 300  | 180  | 280  | 350  | 400  | 220  | 330  | 420  | 500  |
| Длина первого перехода, с, мм                               | 190  | 170  | 170  | 100  | 120  | 200  | 160  | 200  | 190  | 150  | 190  | 165  |
| Длина второго перехода, d, мм                               | 170  | 200  | 190  | 150  | 170  | 250  | 145  | 155  | 120  | 135  | 210  | 245  |
| Материал детали   | СЧ21 | Ст40 | Ст45 | ЭЛ99 | Ст33 | У6С  | СЧ21 | Ст40 | Ст45 | ЭЛ99 | Ст33 | У6С  |
| Скорость резания первого перехода, $v_1$ , м/мин            | 60   | 70   | 60   | 70   | 69   | 68   | 70   | 69   | 68   | 68   | 70   | 69   |
| Скорость резания второго перехода, $v_2$ , м/мин            | 66   | 65   | 66   | 65   | 66   | 65   | 66   | 65   | 66   | 65   | 66   | 64   |
| Скорость резания третьего перехода, $v_3$ , м/мин           | 68   | 60   | 61   | 62   | 63   | 64   | 65   | 66   | 67   | 68   | 69   | 61   |
| Скорость резания четвертого перехода, $v_4$ , м/мин         | 57   | 55   | 56   | 59   | 57   | 60   | 60   | 55   | 51   | 64   | 56   | 54   |
| Скорость резания пятого перехода, $v_5$                     | 54   | 55   | 52   | 53   | 51   | 56   | 57   | 52   | 49   | 59   | 51   | 52   |
| Усилие резания первого перехода, $F_{z1}$ , Н               | 6300 | 6200 | 6100 | 6000 | 6350 | 6250 | 6150 | 6090 | 6100 | 6000 | 6350 | 6350 |
| Усилие резания второго перехода, $F_{z2}$ , Н               | 5200 | 5300 | 5400 | 5100 | 5250 | 5350 | 5450 | 5190 | 5400 | 5100 | 5250 | 5250 |
| Усилие резания третьего перехода, $F_{z3}$ , Н              | 8000 | 7900 | 7800 | 7700 | 8050 | 7950 | 7850 | 7790 | 7800 | 7700 | 8050 | 8050 |
| Усилие резания четвертого перехода, $F_{z4}$ , Н            | 5000 | 5100 | 5300 | 5200 | 5050 | 5150 | 5350 | 5290 | 5300 | 5200 | 5050 | 5050 |
| Усилие резания пятого перехода, $F_{z5}$ , Н                | 8800 | 8700 | 8600 | 8550 | 8850 | 8750 | 8650 | 8590 | 8600 | 8550 | 8850 | 8850 |
| Передаточное число коробки скоростей, $u_{p1}$              | 40   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 36   | 37   | 38   | 41   | 40   |
| Передаточное число коробки скоростей, $u_{p2}$              | 20   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 20   | 19   | 21   |
| Момент инерции коробки скоростей, $J_p$ , кг·м <sup>2</sup> | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,09 |
| Тип электродвигателя  | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   | ДПТ  | АД   |
| Способ торможения   | ДТ   | ПР   | ПР   | ДТ   | ДТ   | ДТ   | ПР   | ПР   | ДТ   | ПР   | ПР   | ДТ   |

