

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Теоретичної механіки, машинознавства та  
роботомеханічних систем (№ 202)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи



(підпис)

Н. В. Руденко

(ініціали та прізвище)

« 30 » \_серпня\_ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Електромеханічні приводи роботів і верстатів з ЧПУ**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань:** 13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність:** 131 «Прикладна механіка»

(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма:** Роботомеханічні системи і логістичні комплекси

(найменування спеціалізації)

**Форма навчання:** денна

**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)

**Харків 2021 рік**

Робоча програма \_\_ «Електромеханічні приводи роботів і верстатів з ЧПУ» для студентів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» та освітньою програмою «Роботомеханічні системи і логістичні комплекси»

“ 21 ” червня 2021 року – 12 с.

Розробники: д.т.н., проф. Сисоєв Ю. О., Белявський О. В., ст. викладач к. 202  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри «Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем» \_\_\_\_\_

Протокол № 11 від " 30 " червня 2021 р.

Завідувач кафедри 202 \_\_ д.т.н., професор  
(наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

О. О. Баранов  
(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

|                                                                                                        |                                                                              |                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Найменування Показників                                                                                | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти           | Характеристика навчальної дисципліни<br>(денна форма навчання) |
| Кількість кредитів – 4.5                                                                               | <b>Галузь знань</b><br><br><u>13 «Механічна інженерія»</u><br>(шифр і назва) | Вибіркова                                                      |
| Модулів – 1                                                                                            |                                                                              | <b>Навчальний рік</b><br>2021/2022                             |
| Змістових модулів – 2                                                                                  |                                                                              | <b>Семестр</b> 6                                               |
| Загальна кількість годин – 80/135                                                                      |                                                                              |                                                                |
| Індивідуальне завдання «Розробка СК ЕД постійного струму»                                              | <b><u>Спеціальність</u></b><br><br><u>131 «Прикладна механіка»</u>           | <b>Лекції</b>                                                  |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5.0 самостійної роботи студента – 3.5 |                                                                              | 32 год.                                                        |
|                                                                                                        | <b>Практичні</b>                                                             |                                                                |
|                                                                                                        | <b>16 год.</b>                                                               |                                                                |
|                                                                                                        | <b>Лабораторні</b><br>32 год.                                                |                                                                |
|                                                                                                        | <b>Самостійна робота</b><br>56 год.                                          |                                                                |
|                                                                                                        | <b>Рівень вищої освіти:</b><br><u>перший (бакалаврський)</u>                 |                                                                |
|                                                                                                        | <b>Вид контролю</b>                                                          |                                                                |
|                                                                                                        | іспит                                                                        |                                                                |

### Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 80/55.

\*Аудиторне навантаження може бути збільшене, або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** вивчення принципів конструювання електромеханічних приводів роботів та верстатів.

**Завдання:** формування системи знань для проектування, конструювання та розрахунку електромеханічних приводів.

### Компетентності, які набуваються.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетентностей:

**Загальні компетентності спеціальності (ЗК):**

ЗК2 – знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК6 – визначення і наполегливість, щодо поставлених завдань і взятих обов'язків;

ЗК7 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК13 – здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;

**Фахові компетентності спеціальності (ФК):**

ФК2 – здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, у тому числі і за наявності деякої невизначеності;

ФК4 – здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації;  
ФК10 – здатність описати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

**Очікувані результати навчання.** В результаті засвоєння курсу студент повинен бути здатний:

– РН10 – знати конструкції, методи вибору і розрахунку, основи обслуговування і експлуатації приводів верстатного і робототехнічного обладнання.

**Пререквізити:** дисципліна базується на вивченні вищої математики та фізики, та є основою для написання випускної роботи бакалавра.

**Кореквізити:** електротехніка та основи електроніки, схемотехніка, теорія керування.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Змістовний модуль 1.** Основи автоматизованого електроприводу.

**Тема 1. Вступ.**

**Мета лекції:** розуміння ролі електричного приводу в сучаснім народнім господарстві

- 1.1. Роль та місце електричного приводу (ЕП) серед систем перетворення енергії.
- 1.2. Загальні положення теорії електроприводу. Базові визначення та характеристики.
- 1.3. Типи електричних двигунів за конструкцією та технологічним призначенням.
- 1.4. Фізичні явища та перетворення енергії у електричній машині.
- 1.5. Системи автоматики ЕП, їх роль та місце у сучасному промисловому виробництві.
- 1.6.\* Математичні моделі базових ланок систем автоматики.

**Тема 2. Електричні двигуни постійного струму (ДПС)**

**Мета лекції:** надання конструкції принципу роботи та характеристик ДПС.

- 2.1. Принципи побудови ЕД постійного струму.
- 2.2. Схема збудження та схема пуску ДПС. Гальмування ДПС: КЗ якоря, рекуперація.
- 2.3. Механічні та робочі характеристики ДПС. Динамічні властивості.
- 2.4. Переваги та недоліки ДПС. Методи керування.

**Тема 3. Математичні моделі електроприводу**

**Мета лекції:** надання структурної та математичної та моделі ДПС.

- 3.1. Операторне перетворення. Перетворення Лапласу. Властивості та використання у техніці.
- 3.2. Математична модель ДПС. Рівняння механічного та електричного балансу.
- 3.3. Механічна та енергетична характеристики ДПС. Жорсткість механічної характеристики.
- 3.4. Моделювання динаміки електричного приводу постійного струму у просторі змінних стану.
- 3.1.\* Методи вирішення диф. рівнянь у середовищі MATLAB-SIMULINK.
- 3.2.\* Пропорційна, інтегруюча та диференціальні ланки.
- 3.3.\* Аперіодична, коливальна та консервативна ланки другого порядку.

**Тема 4. Вимірювання змінних стану ЕП. Датчики стану ЕП.**

**Мета лекції:** вивчення методів оцінювання змінних стану електропривода.

- 4.1. Засоби та схеми визначення току обмотки ЕД. Шунтові та магнітометричні засоби визначення току.

- 4.2. Магнітометричні вимірювачі току (магніторезистивний та холівський датчики току).
- 4.3. Пускові пристрої та пристрої токового та теплового захисту ЕД. Реле току та напруги.
- 4.4. Методи обчислення обертової швидкості та прискорення вала ЕД.
- 4.5. Метод тахогенератора (ТГ). ТГ постійного та змінного струму. Характеристики ТГ.
- 4.6. Метод цифрового фоторастрового визначення координати та швидкості обертання. Трансформаторні та генераторні датчики у системі ЕП.
- 4.7. Обчислення швидкості ЕД у генераторному режимі.
- 4.8. Сельсини та індуктосини у системах вимірювань обертової швидкості та прискорення.
- 4.9. Обертові трансформатори. Лінійна та обертова індуктосинні пердачі.
- 4.1.\* Моделювання регулятора швидкості ЕД у середовищі MATLAB-SIMULINK.

## **Тема 5. Система навантаження електроприводу.**

**Мета лекції:** надання математичних моделей механічного навантаження та сталості електроприводу.

- 5.1. Еквівалентна механічна система навантаження ЕД.
- 5.2. Жорсткість та в'язкість механічної системи.
- 5.3. Математичне моделювання системи механічного навантаження ЕП.
- 5.4. Двомасова механічна система навантаження.
- 5.1.\* Моделювання навантаження ЕП в середовищі MATLAB-SIMULINK.(Д/З)

## **Тема 6. Система керування ЕДПС**

**Мета лекції:** вивчення методів керування ЕДПС.

- 6.1. Принципи обчислення системи керування ДПС з незалежним збудженням.
- 6.2. Принципи обчислення системи керування ДПС зі зміною потоку збудження.
- 6.3. Закони перетворення виду передаточної характеристики. Запис рівнянь перетворення у матричній формі пакету «MATLAB».
- 6.1.\* Моделювання системи пуску та гальмування ДПС MATLAB-SIMULINK.

## **Тема 7. Принципи організації крокового ЕП (ШП)**

**Мета лекції:** вивчення конструкції та характеристик ШП.

- 7.1. Призначення та конструктивні особливості ШД.
- 7.2. Методи часової та векторної розгортки фазних струмів обмоток ШД.
- 7.3. Повнофазний, напівфазний та мікрошаговий методи живлення ШД. Порівняльні якісні характеристики методів живлення.
- 7.4. Взаємодія засобів автоматики у рамках системи керування ШД.
- 7.1.\* Моделювання ДПС з пружною навантажкою у середовищі «MATLAB».

## **Модульний контроль 1**

### **Тема 8\*. Апаратна та програмна організація систем керування ШП**

**Мета лекції:** вивчення методів керування ШП.

- 8.1\*. Широтно-імпульсний регулятор.
- 8.2\*. Безперервний та імпульсний стабілізатори тока.
- 8.3\*. Керування ШД у мікрошаговому режимі.
- 8.4\*. Зразки промислових систем керування ШП. (KND-BD3H)
- 8.5\*. Системи керування ШП на базі мікроЕОМ. Алгоритмічне та прог. забезпечення.

## **Змістовний модуль 2. ЕП змінного струму.**

### **Тема 9. Асинхронні двигуни (АД) змінного струму.**

**Мета лекції:** надання теоретичних уявлень про конструктивні та експлуатаційні особливості АД змінного струму

- 9.1. Конструкція та характеристики АД з короткозамкненим (КЗ) ротором.
- 9.2. Переваги двигунів змінного струму з КЗ ротором.
- 9.3. Фізичні процеси, що відбуваються в АД.
- 9.4. Принципи керування АД у важких металооброблювальних верстатах.
- 9.1.\* Моделювання двигуна змінного струму у середовищі MATLAB-SIMULINK.

### **Тема 10. Математичне обчислення АД змінного струму.**

**Мета лекції:** розгляд фізичних явищ, що характеризують АД та його моделювання.

- 10.1. Потокощеплення та його зв'язок з залежними змінними стану АД.
- 10.2. ММ двофазного АД змінного струму.
- 10.3. Структурна модель АД у образах системи MATLAB-SIMULINK.
- 10.1.\* Моделювання двигуна змінного струму у середовищі MATLAB-SIMULINK.

### **Тема 11. Методи керування АД змінного струму.**

**Мета лекції:** вивчення методів керування АД змінного струму.

- 11.1. Особливості керування асинхронним АД змінного струму.  
Механічна характеристика АД змінного струму.
- 11.2. Керований випрямитель електричної енергії.
- 11.3. Автономні інвертори напруги.
- 11.4. Автономні інвертори тока.
- 11.5. Синхронні мережеві перетворювачі енергії.
- 11.6.  $U/F = \text{const}$  керування.
- 11.7.  $\text{SQRT}(U/F) = \text{const}$  керування.
- 11.1.\* Структурні схеми та технічні характеристики інверторних систем.

### **Тема 12. Векторне керування АД.**

**Мета лекції:** надання принципів векторного керування АД

- 12.1. Принципи векторного керування АД.
- 12.2. Структурні моделі СК при векторному методі управління.
- 12.1.\* Моделювання двигуна змінного струму у середовищі MATLAB-SIMULINK.

### **Тема 13. Виконавчі АД подач роботів**

**Мета лекції:** огляд принципів дії високомоментних АД вентильного типу.

- 13.1. Електричний двигун вентильного типу (ВД).
- 13.2. Принципи дії та характеристики ВД.
- 13.3. Методи керування ВД та структура системи керування ВД.
- 13.1.\* Перспективні методи керування виконавчими АД систем автоматики. (самостійно)
  - А) Нечітко-логічні моделі у системах керування ДПТ
  - Б) Формалізація уявлень людини. Визначення понять нечіткої логіки (НЛ).
  - В) Поняття лінгвістичної змінної. Операції над нечіткими числами.
  - Г) Правила нечітко-логічного виводу. Приняття рішень у НЛ-регуляторі

#### Тема 14. Спеціальні двигуни ТС

**Мета лекції:** вивчення методів використання спеціальних ЕД

14.1. Обернені двигуни

14.2. Конденсаторні двигуни.

14.3. Лінійні двигуни.

#### Тема 15. Мікропроцесорні системи керування електроприводом

**Мета лекції:** надання уявлень про мікропроцесорні системи керування ЕП

15.1. Загальні вимоги до МП системи керування.

15.2. Структурна схема МП системи керування асинхронним трьохфазним ДЗС.

15.3. Змінні стану двигуна та їх контроль в МП системі.

15.4. Алгоритм керування трьохфазним ДЗС.

#### Тема 16. Проектування СК ЕП роботомеханічних систем. Модульний контроль 2.

**Мета лекції:** надання принципів побудови системи керування ЕП.

16.1. Технічні вимоги до електричних приводів подач (ПП) металообробних верстатів.

16.2. Розімкнений та замкнений за координатою привод подач.

16.3. Слідкуючий шаговий гідропривод важкого металооброблювального верстата з ЧПУ.

16.3. Структура та алгоритми роботи ПП розімкненого типу.

16.4. Особливості мікропроцесорних ПП.

16.5.\* Моделювання СК шаговим приводом подач верстата з ЧПУ.(1)

\* Для самостійної проробки

### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем                                       | Кількість годин      |              |         |        |        |        |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|---------|--------|--------|--------|
|                                                                     | денна форма навчання |              |         |        |        |        |
|                                                                     | усього               | у тому числі |         |        |        |        |
|                                                                     |                      | лекції       | прак.р. | лаб.р. | інд.р. | сам.р. |
| 1                                                                   | 2                    | 3            | 4       | 5      | 6      | 7      |
| <b>Змістовий модуль 6.1. Основи автоматизованого електроприводу</b> |                      |              |         |        |        |        |
| Тема 1. Вступ                                                       | 4                    | 2            |         | 2      | –      | –      |
| Тема 2. Електричні двигуни постійного струму                        | 10                   | 2            | 2       | 2      | -      | S1 4   |
| Тема 3. Математичні моделі електроприводу                           | 10                   | 2            |         | 2      |        | S2 6   |
| Тема 4. Вимірювання змінних стану ЕП. Датчики стану ЕП              | 12                   | 2            | 2       | 2      |        | S3 6   |
| Тема 5. Система навантаження виконавчих ЕД.                         | 10                   | 2            |         | 2      |        | S4 6   |
| Тема 6. Структурні схеми системи керування ЕДПС                     | 12                   | 2            | 2       | 2      |        | S5 6   |
| Тема 7. Принципи організації шагового ЕП.                           | 10                   | 2            |         | 2      | –      | S6 6   |
| Тема 8. Модульний контроль 1                                        | 6                    | 2            | 2       | 2      |        | -      |
| Разом за змістовим модулем 6.1                                      | 74                   | 16           | 8       | 16     | –      | 34     |

| <b>Змістовий модуль 6.2. ЕП змінного струму.</b>                           |            |           |           |           |          |           |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Тема 9. Асинхронні двигуни (АД) змінного струму.                           | 4          | 2         |           | 2         |          | -         |
| Тема 10. Математичне обчислення АД змінного струму.                        | 9          | 2         | 2         | 2         | -        | S7 3      |
| Тема 11. Методи керування АД змінного струму.                              | 7          | 2         |           | 2         | —        | S7 3      |
| Тема 12. Векторне керування АД.                                            | 9          | 2         | 2         | 2         |          | S8 3      |
| Тема 13. Виконавчі ЕД подач роботів                                        | 7          | 2         |           | 2         | -        | S8 3      |
| Тема 14. Спеціальні двигуни ТС                                             | 6          | 2         | 2         | 2         |          |           |
| Тема 15. Мікропроцесорні системи керування електроприводом                 | 8          | 2         |           | 2         |          | S10 4     |
| Тема 16. Проектування СК ЕП роботомеханічних систем. Модульний контроль 2. | 6          | 2         | 2         | 2         | -        | -         |
| Разом за змістовим модулем 2                                               | 56         | 16        | 8         | 16        | —        | 16        |
| Усього годин                                                               | 130        | 32        | 16        | 32        | —        | 50        |
| <b>Модуль 2</b>                                                            |            |           |           |           |          |           |
| Індивідуальне завдання                                                     | 5          |           |           |           | 5        |           |
| Контрольний захід                                                          | -          |           |           |           | -        |           |
| Усього годин                                                               | <b>135</b> | <b>32</b> | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>5</b> | <b>50</b> |

#### 5. Теми семінарських занять

|                    |   |
|--------------------|---|
| Разом за семестр 6 | 0 |
|--------------------|---|

#### 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми                                                          | Години |
|-------|---------------------------------------------------------------------|--------|
| 1     | Моделювання електричних виконуючих пристроїв у MATLAB. L50          | 2      |
| 2     | Вибір та обчислення параметрів електричних виконуючих пристроїв L53 | 3      |
| 3     | Моделювання вимірювального перетворювача угол/код. L51              | 3      |
| 4     | Моделювання щиротно-імпульсної системи керування ЕД L52             | 3      |
| 5     | Моделювання імпульсного стабілізатора току обмотки ЕД               | 3      |
| 6     | Моделювання системи частотного керування АД змінного струму L54     | 2      |
|       | Разом (годин)                                                       | 16     |

#### 7. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми практичного заняття                                    | Год. |
|-------|-------------------------------------------------------------------|------|
| 1     | Моделювання ЕД у середовищі MATLAB-SIMULINK. L00                  | 4    |
| 2     | Розробка математичної моделі ДПС у MATLAB-SIMULINK. L20           | 6    |
| 3     | Розробка СК швидкістю обертання ЕД постійного струму. L10         | 6    |
| 4     | Моделювання механічних характеристик навантаження ЕД L11          | 6    |
| 5     | Розробка системи керування шаговим приводом подач станка з ЧПУ ШД | 6    |
| 6     | Розробка системи керування асинхронним ЕД змінного струму L2      | 4    |
| 7     |                                                                   | -    |
|       | Разом (годин)                                                     | 32   |

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми                                                             | Кільк. годин |
|-------|------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1     | Вивчення системи математичного моделювання MATLAB S1                   | 6            |
| 2     | Базові ланки систем автоматичного регулювання. S2                      | 4            |
| 3     | Корекція ПФ та її вплив на якість регулювання. S3                      | 6            |
| 4     | Цифрові системи керування. Z-перетворення. S4                          | 6            |
| 5     | Сталість систем автоматичного керування. S5                            | 6            |
| 6     | Системи керування шаговими приводами верстатів з ЧПК S6                | 6            |
| 7     | ЕП важких металооброблювальних верстатів S7                            | 6            |
| 8     | ЕП глибокого регулювання швидкості подач «Размер-2» S8                 | 6            |
| 10    | Моделювання системи ДПС-нагрузка у середовищі MATLAB-SIMULINK (RGR) S9 | 5            |
| 11    | Моделювання СК швидкістю обертання АДЗС S10                            | 6            |
|       | <b>Разом</b>                                                           | 55           |

## 9. Індивідуальна робота

1. «Розробка системи керування електричним двигуном постійного струму» РГР 4год.

## 10. Методи навчання

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

## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю (захист практичних робіт), захист РГР письмового модульного контролю, фінального контролю у вигляді іспиту. Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного контролю та за наявності допуску до контролю у вигляді **письмової роботи** (комплексне завдання, що містить 2 теоретичних питання, які оцінюються до 30 балів та одне практичне завдання, що оцінюється до 40 балів). При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1 Розподіл балів, які отримують студенти впродовж семестру (кількісні критерії)

| Складові навчальної роботи           | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовний модуль 1</b>           |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                    | 0...1                           | 5                          | 0...5                   |
| Виконання та захист практичних робіт | 0...5                           | 3                          | 0...15                  |
| Модульний контроль                   | 0...20                          | 1                          | 0...20                  |
| <b>Змістовний модуль 2</b>           |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                    | 0...1                           | 5                          | 0...5                   |
| Виконання та захист практичних робіт | 0...5                           | 3                          | 0...15                  |
| Модульний контроль                   | 0...20                          | 1                          | 0...20                  |
| Виконання і захист РГР               | 0...20                          | 1                          | 0...20                  |
| <b>Всього за семестр</b>             |                                 |                            | <b>0...100</b>          |

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

#### Розподіл балів, які отримують студенти при складанні семестрового іспиту

| Складові білету семестрового заліку                            | Бали за одне завдання | Кількість завдань | Сумарна кількість балів |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|
| Теоретичне запитання                                           | 0...30                | 1                 | 0...30                  |
| Тестове завдання:<br>вибрати варіанти<br>правильних відповідей | 0...10                | 3                 | 0...30                  |
| Задача                                                         | 0...40                | 1                 | 0...40                  |
| <b>Всього за семестровий залік</b>                             |                       |                   | <b>0...100</b>          |

#### 12.2 Якісні критерії оцінювання

##### Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- теоретичні основи електроприводу та методи його ідентифікації (електротехніка);
- базові характеристики та параметри електричного приводу (ЕП);
- математичні моделі базових ланок технічних систем (автоматика);
- математичні моделі двигунів постійного (ДПС) та змінного струму (АД);
- структурні моделі систем керування ДПС та АД при стабілізації швидкості обертання, обертового моменту та кулової координати;
- математичну модель двомасового механічного навантаження ЕП.

##### Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

- володіти навиками структурного моделювання та аналізу роботи ЕП;
- володіти апаратом побудови систем керування ЕП постійного та змінного струму;
- розраховувати основні параметри промислового ЕП для оснащення механічної системи верстата, робота то що;
- володіти методами синтезу цифрових систем керування ЕП на базі ПЛІС (ALTERA).

#### 12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та вмінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Мати уявлення про основні методи аналізу та розробки системи керування ЕП за заданими параметрами якості, особливості функціональної та структурної організації систем керування ЕП металооброблювальних верстатів та промислових роботів; користуватися інтегрованими засобами обчислювальної техніки при розробці систем керування електричним приводом.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, здати тестування та розрахунково-графічну роботу.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх при розв'язанні практичних завдань.

#### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів     | Оцінка за традиційною шкалою  |               |
|----------------|-------------------------------|---------------|
|                | Іспит, диференційований залік | Залік         |
| 90 – 100 (A)   | Відмінно                      | Зараховано    |
| 75 – 89 (B, C) | Добре                         |               |
| 60 – 74 (D, E) | Задовільно                    |               |
| 0 – 59 (F)     | Незадовільно                  | Не зараховано |

### 13. Методичне забезпечення

Усі методичні матеріали з курсу розміщені у системі МЕНТОР <https://MENTOR.khai.edu> і доступні студентам 3 курсу спеціальності 131. Навчально-методичний комплекс дисципліни, включає в себе:

- скановану копію робочої програми з дисципліни «Електромеханічні приводи роботів і верстатів з ЧПК»;
- розширений план лекцій з дисципліни «Електромеханічні приводи роботів і верстатів з ЧПК»;
- посібник з розрахункової роботи по дисципліні;
- рекомендації та вказівки до практичних робіт з дисципліни;
- контрольні запитання з дисципліни «Електромеханічні приводи роботів і верстатів з ЧПК»;
- рекомендації та вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Електромеханічні приводи роботів і верстатів з ЧПК».

#### Контрольні питання до модуля 1

1. ЭД, как объект управления. Статические характеристики ЭД.
2. ЭД, как объект управления. Динамические характеристики ЭД.
3. Контроль переменных состояния ЭД. Методы измерения тока.
4. Контроль переменных состояния ЭД. Методы измерения скорости.
5. Контроль переменных состояния ЭД. Методы измерения угловых и линейных перемещений ротора ЭД.
6. Контроль переменных состояния ЭД. Фоторастровые измерители угловых и линейных перемещений.
7. Автоматизированный электропривод.
8. ММ механической нагрузки электропривода.
9. Двухмассовая математическая модель механической нагрузки двигателя с характеристиками скорости, угла, жесткости, вязкости.
10. Определение и математическая модель ДПТ. Уравнения электрического и механического баланса ДПТ.
11. Механическая характеристика ДПТ.
12. Энергетическая характеристика ДПТ.
13. Рабочие характеристики ДПТ.
14. Конструктивный расчет электропривода.
15. Система пуска ДПТ.
16. Система торможения и останова ДПТ.
17. Базовые звенья САУ.
18. ПИД регулятор скорости (тока) ДПТ.
19. Регуляторы импульсного действия.
20. Обратная связь и ее действие. Устойчивость САУ.
21. Определение ШД.
22. Структурная модель блока управления ШД.
23. Сравнительные характеристики и параметры электрических приводов (ДПТ, АД, ШД).
24. Управляемый тиристорный выпрямитель.

#### Контрольні питання до модуля 2

1. Определение и математическая модель АД.
2. Механическая характеристика АД.
3. Энергетическая характеристика АД.
3. Коэффициент скольжения.
4. Сравнительная х-ка синхронного и асинхронного электропривода.
5. Уравнения электрического и механического балланса АД .
6. Методы управления :  
А) Двигатель переменного тока                      векторное управление

Б) Двигатель переменного тока асинхронного типа

$$\frac{V}{f} = \text{const}$$
$$\frac{u}{\sqrt{f}} = \text{const}$$

В) АД

Г) СД

частотное управление

7. Автономные инверторы напряжения и тока (алгоритмы)

8. Методы регулирования основных переменных состояния ЭП

А) регулятор тока релейный регулятор

Б) регулятор скорости фазовый (ШИ) регулятор

В) регулятор положения пи(д) регулятор

9. Скоростной алгоритм ПИД регулирования .

10. Позиционный алгоритм ПИД регулирования скорости ДПТ.

11. Преобразование Лапласа, преобразование Фурье, Z преобразование , конечно-разностные ДУ.

12. Обращенный ЭД.

13. Конденсаторный ЭД.

14. Методы включения АД. Б) Методы торможения АД

15. Интегрированный электропривод.

16. Принцип векторного управления АД и его алгоритмическая реализация.

17. Тиристорный (транзисторный) мостовой коммутатор. Назначение и методы управления.

18. Структура и функционирование инвертора напряжения (тока).

#### 14. Рекомендована література

Базова

1. Усольцев А. А. Электрический привод/ Учеб. пособие. НИУ ИТМО, С-Пб, 2012, 238с.

2. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : учеб. для вузов / О. П. Михайлов. - М. - Машиностроение, 1990. - 304 с. - 5-217-01012-6 Шифр: 621.9 М69, Михайлов О.П.

3. Петров, Радимов, Шапарев. Типовые технологические процессы и установки. М. Энергоатомиздат, 1988, 432с.

4. Смирнова, В.И., Разинцев, В.И. Проектирование и расчет автоматизированных приводов. М., Машиностроение. – 1990, 366с.

5. Башарин, А.В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. Л., 1990. – 612с.

6. Тихомиров Э. Л., В. В. Васильев, Б. Г. Коровин, В.А. Яковлев. Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ. М., Машиностроение, 1990. – 320с.

#### Допоміжна література

1. Дьяконов В.П. MATLAB 6,7,8. Самоучитель. М., ДМК-Пресс, 2005

2. Комолов, Мьяльк, Зобенко. Проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС фирмы ALTERA. СПб, 2002.

3. В. Трамперт. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров. «МК-Пресс», Киев, 2006.

4. Романенко, В.Д., Игнатенко, Б.В. Адаптивное управление технологическими процессами на базе микроЭВМ. Киев. Вища школа, 1990, 336с.

#### 15. Інформаційні ресурси

<https://education.khai.edu/departament/202>

<https://k202.tilda.ws/>