



# СЛІДКУЮЧІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                           |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | Другий (магістерський)                                                                                    |
| Галузь знань                                | 14 «Електрична інженерія»                                                                                 |
| Спеціальність                               | 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»                                                |
| Освітня професійна програма                 | Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність                               |
| Статус дисципліни                           | Вибірковий освітній компонент циклу професійної підготовки із Ф-Каталогу                                  |
| Форма навчання                              | Очна (денна)                                                                                              |
| Рік підготовки, семестр                     | 1 курс, весняний семестр                                                                                  |
| Обсяг дисципліни                            | 54 години лекцій / 18 год. л.р. / 93 год. СРС / 5,5 кредитів ECTS                                         |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | Залік /РГР / МКР                                                                                          |
| Розклад занять                              | <a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>                                                 |
| Мова викладання                             | Українська                                                                                                |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: к.т.н., доц. Теряєв Віталій Іванович, 0957555224                                                  |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2581">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2581</a> |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Слідкуючі електромеханічні системи» складено для формування індивідуальної траєкторії навчання здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

**Метою дисципліни** є набуття знань з теорії і принципів технічної реалізації сучасних слідкуючих електромеханічних систем, призначених для транспорту, машинобудування, робототехніки, автоматизації виробництва, військової та авіаційно-космічної техніки.

**Предмет навчальної дисципліни** включає: принципи перетворення енергії в слідкуючих електромеханічних системах та закони керування рухом виконуючих органів робочих машин. Студенти вивчатимуть типові технологічні застосування слідкуючих електромеханічних систем, принципи розрахунку, вибору обладнання та проектування промислових слідкуючих електроприводів, методи підвищення точності та елементну базу слідкуючих електромеханічних систем, сучасні тенденції і досягненнями в даній галузі.

**Програмні результати навчання, які поглиблює дисципліна:**

РН07. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

РН11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

РН15. Синтезувати алгоритми робастного та адаптивного, векторного керування, слідкуючого та програмного керування рухом.

РН19. Застосовувати енергоефективні методи керування при розробці нових електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, електромобілів.

**Набуті фахові компетентності, які забезпечує дисципліна:**

ФК1. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК4. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК11. Здатність проектувати алгоритми робастного та адаптивного керування для електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, розробляти оптимальні та інтелектуальні закони керування з використанням методів ідентифікації та спостереження.

ФК17. Здатність до виконання дослідно-конструкторських робіт, що передбачають розробку нових та модернізацію існуючих електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.

**Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен мати базові знання в галузі фізики та математики, теорії автоматичного керування, елементів автоматизованого електроприводу, теорії електроприводу, автоматизованого електроприводу, промислових електроприводів та електромеханічних систем.

Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни, поглиблюють результати навчання, визначені освітньою програмою і дають можливість студентам та майбутнім спеціалістам самостійно створювати сучасні слідкуючі електромеханічні системи для широкого спектру технологічних застосувань, проводити модернізацію та обслуговування складних систем автоматизації промислових комплексів і технологічних установок. Набуті знання і уміння також можуть бути використані здобувачем при виконанні магістерської дисертації

## **2. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на **4 розділи**, а саме:

### **Розділ 1. Принципи побудови слідкуючих електромеханічних систем**

Тема 1.1 Системи слідкуючого та програмного керування. Терміни та визначення, класифікація, узагальнена функціональна схема

Тема 1.2 Зображення похибок, добротність, технічні вимоги та етапи проектування програмних та слідкуючих електроприводів

Тема 1.3 Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях

Тема 1.4 Методи підвищення точності слідкуючих та програмних електроприводів

### **Розділ 2. Програмування систем ЧПК**

Тема 2.1. Загальні відомості про системи ЧПК

Тема 2.2. Функціонування систем ЧПК

Тема 2.3. Основи програмування обробки на верстатах з ЧПК

#### Тема 2.4. Постійні цикли та підпрограми верстата з ЧПК

### **Розділ 3. Апаратна частина систем ЧПК**

Тема 3.1 Принцип побудови та структура апаратної системи ЧПК

Тема 3.2. Підсистема керування верстата з ЧПК

Тема 3.3. Підсистема електроприводів

Тема 3.4. Підсистема зворотних зв'язків

### **Розділ 4. Системи лінійного електропривода і магнітного підвішування**

Тема 4.1. Електроприводи з лінійними електродвигунами

Тема 4.2. Системи електромагнітного підвішування

## **3. Навчальні матеріали та ресурси**

### Основна література :

1. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / За редакцією М.Г.Поповича та О.Ю.Лозинського. Навчальний посібник з грифом МОН України для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Либідь, 2005. - 680 с.
2. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (Теорія і практика) / М.Г.Попович, В.І. Кострицький та ін. Навч. посібник з грифом МОН України. – К.: КНУТД . 2008. - 408 с.
3. Розробка та дослідження електромеханічних систем автоматизації та складових електропривода / М.Г.Попович, В.І. Кострицький та ін. Навчальний посібник з грифом МОН України. – К: КНУТД , 2011. – 492 с.
4. Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Київ: Інститут електродинаміки НАН України, 2018. - 310 с.
5. Теорія електропривода / За редакцією М.Г. Поповича. Підручник. – К.: Вища школа, 1993. - 496с.
6. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. Навчальний посібник. – Київ : УкрНДІАТ, 2003. – 383 с.
7. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: Навч. посіб. – [Електронний ресурс] / - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158 с.
8. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: навчальний посібник / С. Л. Міранцов, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко, Є. В. Мішура, О. С. Ковалевська – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 152 с.
9. Койфман А.М. Прокопчук В.Ф. Основи програмування для верстатів з ЧПУ: навчальний посібник. – Хмельницький : ХПК, 2010-107 с.

### Допоміжна література

10. Richard Crowder. Electric Drives and Electromechanical Systems: Applications and Control / Richard Crowder. – Newnes, Published Date: 2006. – 312 p.
11. Paperback ISBN: 9780750667401, eBook ISBN: 9780080492643.
12. Suk-Hwan Suh, Seong-Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud Theory and Design of CNC Systems / Springer-Verlag London Limited, 2008. – 477 p.
13. Tan K.K. Precision Motion Control: Design and Implementation. Precision Motion Control / K.K. Tan, T.H. Lee, S. Huang. – London: Springer, 2008. – 272 p.
14. Sabanovic A. Motion Control Systems / A. Sabanovic. – Wiley-IEEE Press, 2011. – 352 p.
15. Advances in High-Performance Motion Control of Mechatronic Systems / eds. T. Yamaguchi, M.

- Hirata, C.K. Pang. – Boca Raton, Florida: CRC Press, 2013. – 337 p.
16. Thyer G.E. Computer Numerical Control of Machine Tools, Second Edition / G.E. Thyer. – Oxford ; Boston: Butterworth-Heinemann, 1991. – 256 p.
17. Evans K. Programming of CNC Machines / K. Evans. – New York: Industrial Press, Inc., 2007. – 500 p.
18. Теряєв В.І. Стабілізація системи електромагнітного підвішування з використанням акселерометра. – Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 1/2014 (2). – с. 92-94.

### **Методичні видання**

19. Електромеханічні системи автоматизації в металообробці та машинобудуванні: текст лекцій для студ. напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спец. «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / Уклад.: В. І. Теряєв. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 320 с.
20. Елементи та апарати електромеханічних систем та електроприводів-1: текст лекцій для студ. напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спец. «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / Уклад.: В.І. Теряєв. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 324 с.
21. Електричний привод гнучких автоматизованих виробництв: метод. вказівки до викон. розрахунково-графічної роботи для студ. денної форми навч. зі спец. 7.092203 «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / Уклад.: О.І. Кіселичник. – Київ : НТУУ «КПІ», 2003. – 34 с.
22. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Системи програмного керування електроприводами і промисловими установками». Розділ 1. Синтез цифрового регулятора положення електроприводу подачі верстата з ЧПК / Укладачі В.Ф. Кудін, І.О. Коваленко. – К.:КПІ. – 1995.
23. Системи програмного та слідкуючого керування рухом [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність». Ч. 1 / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Уклад.: В.І. Теряєв. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 130 с.
24. Системи програмного та слідкуючого керування рухом [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / В.І. Теряєв, С.В. Король. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 150 с.
25. Електромеханічні системи автоматизації в металообробці та машинобудуванні: метод. вказівки / Уклад.: В.І. Теряєв, С.П. Колесніченко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 41 с.

## **Навчальний контент**

### **4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### ***Лекційні заняття***

| № лекц. | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b>Розділ 1. Принципи побудови систем слідкуючого та програмного керування</b><br>Тема 1.1 Системи слідкуючого та програмного керування. Терміни та визначення, класифікація, узагальнена функціональна схема.                                                                                                   |
| 2  | Програмні та слідкуючі електроприводи. Класифікація, визначення. Узагальнена функціональна схема ЕМС регулювання положення. Варіанти реалізації контуру положення. Типові види навантажень, задаючих дій та похибок слідкуючих електроприводів.                                                                  |
| 3  | Література: 1-5, 24.<br>СПС: Способи реалізації зворотного зв'язку за положенням.<br>Література: 23, 24.                                                                                                                                                                                                         |
| 4  | Тема 1.2 Зображення похибок, добротність, технічні вимоги та етапи проектування програмних та слідкуючих електроприводів.                                                                                                                                                                                        |
| 5  | Зображення похибок за керуючою та збудовальною діями, добротність слідкуючого електроприводу. Технічні вимоги та етапи проектування програмних та слідкуючих електроприводів.<br>Література: 1-5, 23, 24.<br>СПС: Формування ТЗ на проектування програмних та слідкуючих електроприводів.<br>Література: 23, 24. |
| 6  | Тема 1.3 Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях.                                                                                                                                                                                                                             |
| 7  | Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях на технічний та симетричний оптимум. Розрахунок параметрів ланок контуру регулювання положення. Помилки при стандартних впливах.                                                                                                      |
| 8  | Література: 1-5, 24.<br>СПС: Розрахунок параметрів регуляторів та ланок зворотних зв'язків контуру регулювання положення.<br>Література: 23, 24.                                                                                                                                                                 |
| 9  | Тема 1.4 Методи підвищення точності слідкуючих та програмних електроприводів.                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 | Підвищення точності систем автоматичного керування на основі збільшення коефіцієнту підсилення та порядку астатизму.                                                                                                                                                                                             |
| 11 | Інваріантність. Застосування комбінованого керування в слідкуючих електроприводах.                                                                                                                                                                                                                               |
| 12 | Використання коригуючих зворотних зв'язків в слідкуючих і програмних електроприводах.                                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | Багатоканальне керування в електроприводах, регульованих по швидкості та положенню.                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 | Застосування ковзного керування.<br>Застосування адаптивного керування.<br>Література: 1-5, 23, 24.<br>СПС: Види і технічна реалізація систем адаптивного керування.<br>Література: 1-5, 24.                                                                                                                     |
| 15 | <b>Розділ 2 Програмування систем ЧПК</b><br>Тема 2.1. Загальні відомості про системи ЧПК.<br>Історія винаходу та сучасні системи ЧПК. Основні режими роботи і органи керування верстата з ЧПК. Класифікація і основні характеристики сучасних систем ЧПК.<br>Література: 7, 8, 9.                                |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p><i>СРС: Огляд систем ЧПК відомих фірм: Fanuc, Siemens, Heidenhain, Haas.</i></p> <p><i>Література: 7, 9.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 | <p><i>Тема 2.2. Функціонування систем ЧПК</i></p> <p><i>Системи координат верстатів з ЧПК. Нульова точка верстату і заготовки.</i></p> <p><i>Компенсація довжини інструменту.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p> <p><i>СРС: Програмування заміни інструменту.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p>                                                                                                                |
| 17 | <p><i>Тема 2.3. Основи програмування обробки на верстатах з ЧПК.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 18 | <p><i>Етапи створення та структура керуючої програми. Абсолютні та відносні</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 19 | <p><i>координати. Формат програми, слово даних, адреса та число, рядок безпеки.</i></p> <p><i>Підготовчі та допоміжні коди, особливості використання базових G-кодів та</i></p> <p><i>допоміжних M-кодів.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p> <p><i>СРС: Методи перевірки керуючої програми.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p>                                                                                  |
| 20 | <p><i>Тема 2.4. Постійні цикли та підпрограми верстата з ЧПК</i></p> <p><i>Приклади програм свердління і розточування за допомогою постійних циклів.</i></p> <p><i>Автоматична корекція радіусу інструмента. Способи вимірювання інструменту і</i></p> <p><i>деталі.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p> <p><i>СРС: Пристрої автоматичної зміни інструменту.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p>                  |
| 21 | <p><b>Розділ 3</b> <i>Апаратна частина систем ЧПК</i></p> <p><i>Тема 3.1 Принципи побудови та структура апаратної системи ЧПК. Підсистема</i></p> <p><i>керування верстата з ЧПК.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p> <p><i>СРС: Складові підсистеми керування сучасного верстата з ЧПК.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9.</i></p>                                                                                      |
| 22 | <p><i>Тема 3.3. Підсистема електроприводів</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 23 | <p><i>Електроприводів сучасних високоточних верстатів з ЧПК на основі використання</i></p> <p><i>крокових, синхронних і асинхронних двигунів.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9, 19.</i></p> <p><i>СРС: Порівняльний аналіз техніко-економічних показників крокових, синхронних і</i></p> <p><i>асинхронних двигунів.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9, 19.</i></p>                                                            |
| 24 | <p><i>Тема 3.4. Підсистема зворотних зв'язків</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 25 | <p><i>Датчики лінійних і кутових переміщень. Визначення напрямку руху.</i></p> <p><i>Засоби сполучення цифрових і аналогових систем в слідкуючих та програмних</i></p> <p><i>електроприводах, елементи інтерфейсу зв'язку.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9, 20.</i></p> <p><i>СРС: Імпульсні та кодові датчики переміщення, усунення неоднозначності</i></p> <p><i>зчитування.</i></p> <p><i>Література: 7, 8, 9, 20.</i></p> |
| 26 | <p><b>Розділ 4.</b> <i>Системи лінійного електропривода і магнітного підвішування</i></p> <p><i>Тема 4.1. Електроприводи з лінійними електродвигунами. Принципи утворення та</i></p> <p><i>класифікація лінійних електродвигунів. Перспективні області застосування,</i></p> <p><i>переваги та недоліки лінійних електроприводів. Особливості математичного</i></p>                                                             |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>модельовання електроприводів з лінійними електродвигунами.</p> <p>Література: 1.</p> <p>СРС: Використання лінійного електроприводу на високошвидкісному наземному транспорті.</p>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 27 | <p>Тема 4.2. Системи електромагнітного підвішування</p> <p>Різновиди та класифікація систем магнітного підвішування. Перспективні області застосування магнітного підвісу. Проблеми стійкості систем магнітного підвішування з постійними магнітами та електромагнітами постійного струму. Технічна реалізація систем електромагнітного підвішування.</p> <p>Література: 18.</p> <p>СРС: Приклади використання систем магнітного підвішування.</p> |

### **Лабораторні заняття**

| № з/п | Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Кількість ауд. годин |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1     | <p>Лабораторне заняття 1. Основи розробки керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням.</p> <p>Оволодіння навичками розробки керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням та їх верифікація в інтегрованому середовищі.</p> <p>Література: 7, 8, 9.</p> <p>СРС: Постійні цикли верстатів з ЧПК.</p> <p>Література: 7.</p>                                                                                         | 4                    |
| 2     | <p>Лабораторне заняття 2. Розробка електромеханічних систем з багатоосьовим переміщенням на основі синхронних сервосистем.</p> <p>Огляд основних складових електромеханічних систем з багатоосьовим переміщенням. Контролер руху та його взаємодія з програмованим логічним контролером. Комунікація в реальному часі. Програмування контролера руху.</p> <p>Література: 7, 8.</p> <p>СРС: Особливості архітектури систем ЧПК</p> <p>Література: 8.</p> | 4                    |
| 3     | <p>Лабораторне заняття 3. Дослідження функціональних можливостей верстатів з ЧПК в програмному середовищі CNC SIMULATOR.</p> <p>Огляд основних функціональних можливостей сучасних верстатів з числовим програмним керуванням в спеціалізованих програмних пакетах. Приклади програм.</p> <p>Література: 7, 8.</p> <p>СРС: Документи користувача систем ЧПК</p> <p>Література: 7, 8.</p>                                                                | 4                    |
| 4     | <p>Лабораторне заняття 4. Дослідження функціональних можливостей гравера з ЧПК в програмному середовищі GRBL Control.</p> <p>Принципи програмної генерації коду керуючих програм в системах автоматичного проектування.</p> <p>Література: 7.</p> <p>СРС: Основи роботи в САМ системі ESPIRIT.</p> <p>Література: 7.</p>                                                                                                                                | 4                    |

Примітка: 2 год. лаб. занять використовуються для проведення МКР

#### Самостійна робота студента

| № з/п | Вид самостійної роботи            | Кількість годин СРС |
|-------|-----------------------------------|---------------------|
| 1     | Підготовка до лекцій              | 17                  |
| 2     | Підготовка до лабораторних занять | 18                  |
| 3     | Підготовка до МКР                 | 3                   |
| 4     | Підготовка та виконання РГР       | 10                  |
| 5     | Підготовка до екзамену            | 30                  |
|       | Разом                             | 78                  |

#### Політика та контроль

##### 5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Автоматизований електропривод»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

##### 6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

**Поточний контроль:** експрес-опитування на лекціях, МКР, виконання лабораторних робіт, РГР.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 30 балів, зарахування усіх лабораторних робіт, виконання РГР та МКР.

**Загальна рейтингова оцінка** студента за роботу в семестрі складається з балів, отриманих за наступні види навчальної роботи:



### *1. Лекційні заняття.*

*Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях. Ваговий бал дорівнює 1. Максимальна кількість балів за всі 27 лекцій становить 27 балів. Нарахування балів за 1 лекцію здійснюється за наступними критеріями:*

- 1 бал отримує студент, який надав правильні відповіді під час опитування на лекції;*
- відсутній студент не бере участі у експрес-опитуванні і не отримує відповідних балів;*
- студент, що з поважних причин пропустив лекцію, може бути додатково опитаний (або надати письмові відповіді на контрольні запитання) за темою лекції і отримати 1 бал.*

### *2. Виконання та захист лабораторних робіт.*

*Ваговий бал дорівнює 4. Максимальна кількість балів за всі 4 лабораторні роботи становить 16 (8 балів відпрацювання та 8 балів за захист).*

*Виконання завдання з лабораторної роботи оцінюється в 2 бали.*

*Захист однієї лабораторної роботи оцінюється в 2 бали.*

*Критерії оцінювання лабораторних робіт.*

*Виконання:*

- 2 бали – протокол підготовлений без помилок, виконаний синтез всіх задач та представлені всі схеми, задача зібрана та відповідає умовам завдання;*
- 1 бал - протокол підготовлений з деякими неточностями, виконаний синтез всіх задач та представлені всі схеми, задача зібрана з деякими незначними помилками;*
- 0 балів - протокол підготовлений з помилками, виконаний синтез не всіх задач та представлені не всі схеми або усі, але із суттєвими помилками, задача не зібрана або не працює. Лабораторна робота потребує додаткового відпрацювання*

*Захист лабораторних робіт:*

- 2 бали - відповіді на питання правильні, чіткі та змістовні;*
- 1 бал - відповіді на питання правильні, але мають незначні помилки або неточності;*
- 0 балів - відповіді на питання неправильні або мають суттєві помилки. Лабораторна робота потребує додаткового відпрацювання.*

### *3. Розрахунково-графічна робота.*

*Ваговий бал дорівнює 12. Нарахування балів за РГР здійснюється за наступним критерієм:*

- 12 балів – РГР виконано у повному обсязі без помилок, матеріал викладено логічно з відповідними висновками, робота оформлена за вимогами, студент показує глибокі знання з питань роботи, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання під час захисту;*
- 11-9 балів – РГР виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, але в цілому матеріал викладено логічно з відповідними висновками, оформлення переважно відповідає вимогам, під час захисту студент показує знання з питань роботи, майже впевнено відповідає на поставлені запитання;*
- 8-4 бали – РГР виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, матеріал викладено здебільшого логічно, з нечітко сформульованими висновками,*

- оформлення майже відповідає вимогам, під час захисту студент виявляє невпевненість, показує слабкі знання з питань роботи, не завжди дає вичерпні відповіді на запитання;
- 0 балів – РГР не виконано взагалі, або виконано не в повному обсязі, у роботі немає висновків або вони носять декларативний характер, під час захисту студент не може відповісти на жодне поставлене запитання з теми роботи.

#### 4. Модульна контрольна робота.

Форма проведення МКР – письмова. Для МКР виділяється 2 години занять. Темі, які виносяться на МКР, наведені в п. 7. Кількість запитань – 2.

Ваговий бал дорівнює 45. Нарахування балів за МКР здійснюється за наступними критеріями:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 40-45 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 30-39 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-29 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

За активну роботу на лекційних і лабораторних заняттях протягом семестру, реферування додаткових тем, наявність повного та змістовного конспекту лекцій викладач має право поставити студенту до 15 заохочувальних балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

#### **Форма семестрового контролю – залік**

Необхідною умовою допуску до заліку є виконані і захищені лабораторні роботи та РГР.

Форма проведення заліку – письмова, з усним опитуванням, заліковий білет складається з трьох запитань.

Максимальна оцінка заліку складає 100 балів.

Критерії оцінювання 1 запитання:

- 30-33,3 бала – повна і правильна відповідь на запитання;
- 21-29 балів – повна відповідь на запитання з незначними помилками або неточностями;
- 10-20 балів – майже повна відповідь з незначними помилками або неточностями;
- 0 балів – відповідь відсутня або неправильна.

Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг за роботу в семестрі не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до заліку.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані студентом раніше бали анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

| Кількість балів | Оцінка       |
|-----------------|--------------|
| 95-100          | Відмінно     |
| 85-94           | Дуже добре   |
| 75-84           | Добре        |
| 65-74           | Задовільно   |
| 60-64           | Достатньо    |
| Менше 60        | Незадовільно |
| Менше 30        | Не допущено  |

## 7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

#### Перелік запитань для підготовки до заліку

1. Програмні та слідкуючі електроприводи. Класифікація, визначення. Узагальнена функціональна схема ЕМС регулювання положення. Варіанти реалізації контуру положення.
2. Типові види навантажень, задаючих дій та похибок слідкуючих електроприводів. Зображення похибок за керуючою та збурювальною діями, добротність слідкуючого електроприводу.
3. Технічні вимоги та етапи проектування програмних та слідкуючих електроприводів. Види випробувань слідкуючих електроприводів, випробувальне обладнання.
4. Методика вибору електродвигуна слідкуючого електроприводу на основі використання поверхні граничних динамічних станів.
5. Методика вибору електродвигуна слідкуючого електроприводу на основі технологічного режиму роботи.
6. Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях на технічний оптимум. Розрахунок параметрів ланок контуру регулювання положення. Помилки при стандартних впливах.
7. Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях на симетричний оптимум. Розрахунок параметрів ланок контуру регулювання положення. Помилки при стандартних впливах.
8. Підвищення точності систем автоматичного керування на основі збільшення коефіцієнту підсилення та порядку астатизму.
9. Інваріантність. Застосування комбінованого керування в слідкуючих електроприводах.
10. Використання прямих коригуючих зв'язків в слідкуючих електроприводах.
11. Використання коригуючих зворотних зв'язків в слідкуючих електроприводах з пружністю.
12. Багатоканальне керування в електроприводах, регульованих по швидкості та положенню.
13. Застосування ковзного керування в регульованих та слідкуючих електроприводах.
14. Адаптивне керування в слідкуючих електроприводах. Параболічний регулятор положення.
15. Адаптивна СКЕП подачі верстату з ЧПК.
16. Система адаптивного керування електроприводом подачі важкого багатопиндельного верстату.
17. Взаємозв'язані електроприводи. Основні поняття, різновиди, приклади та принципи

керування.

18. Датчики положення слідкуючих електроприводів: класифікація, вимоги, статичні характеристики та динамічні властивості. Узгодження характеристик датчиків з подальшими пристроями. Потенціометричні і індуктивні датчики положення.
19. Електромашинні датчики положення на основі обертових трансформаторів. Принцип дії, амплітудний і фазовий режим роботи, симетрування.
20. Лінійний індуктосин. Принцип роботи, амплітудний і фазовий режими.
21. Оптичні датчики кутового і лінійного переміщення. АЦП з просторовим кодуванням. Усунення неоднозначності зчитування.
22. Імпульсні датчики положення. Енкодери. Визначення напрямку руху.
23. Засоби сполучення цифрових і аналогових систем. Інтерфейс, ЦАП і АЦП.
24. Принцип побудови та структура системи ЧПК
25. Блок введення програм
26. Контроль введення інформації
27. Блок буферної пам'яті
28. Перетворювачі кодів
29. Системи кодування вихідної інформації
30. Програмування геометричної інформації
31. Програмування технологічної інформації
32. Характеристики та застосування крокових двигунів
33. Види крокових двигунів
34. Гібридні крокові двигуни
35. Особливості режимів роботи крокових двигунів
36. Момент утримання і робочий момент крокового двигуна
37. Формування перехідних процесів в програмних та слідкуючих електроприводах

#### **Перелік тем для підготовки до МКР**

1. Зображення похибок, добротність програмних та слідкуючих електроприводів
2. Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях
3. Методика вибору електродвигуна слідкуючого електроприводу на основі технологічного режиму роботи.
4. Підвищення точності систем автоматичного керування на основі збільшення коефіцієнту підсилення та порядку астатизму.
5. Інваріантність. Застосування комбінованого керування в слідкуючих електроприводах.
6. Використання прямих коригуючих зв'язків в слідкуючих електроприводах.
7. Використання коригуючих зворотних зв'язків в слідкуючих електроприводах з пружністю.
8. Багатоканальне керування в електроприводах, регульованих по швидкості та положенню.
9. Застосування ковзного керування в регульованих та слідкуючих електроприводах.
10. Адаптивне керування в слідкуючих електроприводах. Параболічний регулятор положення.
11. Принцип побудови та структура системи ЧПК.

**Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від**

*01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ*

***Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):***

*Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА Теряєвим В.І.*

*Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 11 від 15.06.2022 р. протокол № 11 від 15.06.2022 р.)*

*Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)*