



СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО ТА СЛІДКУЮЧОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ

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	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Теряєв Віталій Іванович, 0957555224
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2581

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Системи програмного та слідкуючого керування рухом» 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 та програмних електроприводів, призначених для машинобудування, транспорту, робототехніки, металообробки, 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 електроприводів, методи підвищення точності та елементну базу слідкуючих систем, сучасні тенденції і досягненнями в даній галузі.

Програмні результати навчання, які поглиблює дисципліна:

PH07. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

PH11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

PH15. Синтезувати алгоритми робастного та адаптивного, векторного керування, слідкуючого та програмного керування рухом.

PH19. 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, керування електроприводами, 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 програмні та 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 систем слідкуючого та програмного керування

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. Апаратна частина систем ЧПК

Тема 2.1 Принцип побудови та структура системи ЧПК

Тема 2.2 Блок введення програм

Тема 2.3 Контроль введення інформації

Тема 2.4 Блок буферної пам'яті

Тема 2.5 Перетворювачі кодів

Розділ 3. Програмування систем ЧПК

Тема 3.1 Системи кодування вихідної інформації

Тема 3.2 Програмування геометричної інформації

Тема 3.3 Програмування технологічної інформації

Розділ 4. Інформаційно-вимірювальні елементи слідкуючих та програмних електроприводів

Тема 4.1 Датчики положення слідкуючих електроприводів

Тема 4.2 Засоби сполучення цифрових і аналогових систем, інтерфейс

Тема 4.3 Цифро-аналогові та аналогово-цифрові перетворювачі

Тема 4.4 Засоби формування перехідних процесів та підвищення точності динамічних режимів

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., Клепіков 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. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. *Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система.* – М.: ДМК Пресс, 2015. – 280 с.
19. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. *Системы числового программного управления: Учеб. пособие.* - М.: Логос, 2005. - 296 с.
Черков Е.А., Кузьмин В.П. *Комплектный электропривод станков с ЧПУ.* Горький, 1989.
20. Головенков Е.А., Сирочкин С.В. *Оснoви автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением.* – М. :Машиностроение, 1988. – 288 с.
21. *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.
22. Кенио Такаши *Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: Пер. с англ.,* М.: Энергоатомиздат, 1987 — 199с.
23. *Динамика следящих приводов: Учеб. пособие для вузов* / Б.И.Петров, В.А.Полковников и др.; Под ред. Л.В.Рабиновича. – М.: Машиностроение, 1982. – 496 с.

Методичні видання

24. *Електромеханічні системи автоматизації в металообробці та машинобудуванні: текст лекцій для студ. напряму підготов. 6.050702 «Електромеханіка» спец. «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»* / Уклад.: В. І. Теряєв. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 320 с.

25. *Елементи та апарати електромеханічних систем та електроприводів-1: текст лекцій для студ. напряму підготов. 6.050702 «Електромеханіка» спец. «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод / Уклад.: В.І. Теряєв. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 324 с.*
26. *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.*
27. *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.*
28. *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.*
29. *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

№ лекцій.	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p><i>Розділ 1 Вступ. Принципи побудови систем слідкуючого та програмного керування</i></p> <p><i>Тема 1.1 Системи слідкуючого та програмного керування. Терміни та визначення, класифікація, узагальнена функціональна схема.</i></p>
2	<p><i>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.</i></p> <p><i>Література: 1, 3, 5, 28.</i></p>
3	<p><i>Тема 1.2 Зображення похибок, добротність, технічні вимоги та етапи проектування програмних та слідкуючих електроприводів.</i></p>
4	<p><i>Зображення похибок за керуючою та збудувальною діями, добротність слідкуючого електроприводу. Технічні вимоги та етапи проектування програмних та слідкуючих електроприводів.</i></p>

	<i>Література: 1, 5, 6, 28.</i>
5	<i>Тема 1.3 Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях.</i>
6	<i>Математичний опис слідкуючого електроприводу при стандартних налаштуваннях на технічний та симетричний оптимум. Розрахунок параметрів ланок контуру регулювання положення. Помилки при стандартних впливах.</i>
	<i>Література: 1, 2, 3, 5, 28.</i>
	<i>СРС: Способи реалізації зворотного зв'язку за положенням.</i>
	<i>Література: 24, 27.</i>
	<i>Тема 1.4 Методи підвищення точності слідкуючих та програмних електроприводів.</i>
7	<i>Підвищення точності систем автоматичного керування на основі збільшення коефіцієнту підсилення та порядку астатизму.</i>
8	<i>Інваріантність. Застосування комбінованого керування в слідкуючих електроприводах.</i>
9	<i>Використання коригуючих зворотних зв'язків в слідкуючих електроприводах.</i>
10	<i>Багатоканальне керування в електроприводах, регульованих по швидкості та положенню.</i>
11	<i>Застосування ковзного керування.</i>
12	<i>Застосування адаптивного керування.</i>
	<i>Література: 1, 2, 5, 6, 26, 27, 28.</i>
	<i>СРС: Види систем адаптивного керування</i>
	<i>Література: 1- 5, 28.</i>
	<i>Розділ 2 Апаратна частина систем ЧПК</i>
13	<i>Тема 2.1 Принцип побудови та структура контурної системи ЧПК.</i>
	<i>Функціональна схема контурної системи ЧПК. Блок зчитування програми.</i>
	<i>Література: 7, 8.</i>
	<i>СРС: Основні складові функціональної схеми контурної СЧПК.</i>
	<i>Література: 9.</i>
14	<i>Тема 2.2 Блок введення програм.</i>
	<i>Функції введення програми, контролю інформації, перетворення кодів.</i>
	<i>Література: 7, 8.</i>
	<i>СРС: Принципи перетворення кодів програми.</i>
	<i>Література: 7, 9.</i>
15	<i>Тема 2.3 Контроль введення інформації.</i>
	<i>Задачі контролю. Два етапи контролю. Контроль парності. Контроль структури адреси. Апаратний контроль. Програмний контроль.</i>
	<i>Література: 7.</i>
	<i>СРС: Алгоритм програмного контролю.</i>
	<i>Література: 9.</i>
16	<i>Тема 2.4 Блок буферної пам'яті.</i>
	<i>Функціональна схема ББП. Регістр адреси. Комірки пам'яті.</i>
	<i>Література: 7, 8.</i>
	<i>СРС: Алгоритм програмної реалізації ББП.</i>
	<i>Література: 8, 9.</i>
17	<i>Тема 2.5 Перетворювачі кодів.</i>

	<p><i>Інтерпретатори. Функції інтерпретаторів</i> <i>Література: 7.</i> <i>СРС: Програмна верифікація.</i> <i>Література: 9.</i></p>
18	<p><i>Розділ 3. Програмування систем ЧПК.</i> <i>Тема 3.1 Системи кодування вихідної інформації.</i> <i>Стандартні коди для розміщення інформації на носії. Код ISO-7. Структура кадру. Підготовчі функції. Програмування повернення інструменту до початку координат верстата.</i></p>
19	<p><i>Література: 7, 8.</i> <i>СРС: Система координат верстату.</i> <i>Література: 7.</i></p>
20	<p><i>Тема 3.2 Програмування геометричної інформації.</i> <i>Вибір системи координат верстата. Програмування зміщення нуля. Програмування переміщень при лінійній та круговій інтерполяції. Блоки введення корекції, індикації, корекції еквідістанти.</i> <i>Література: 7, 8.</i> <i>СРС: Особливості програмування переміщень при круговій інтерполяції.</i> <i>Література: 8.</i></p>
21	<p><i>Тема 3.3 Програмування технологічної інформації.</i> <i>Програмування частоти обертання шпинделя. Програмування вибору інструменту. Програмування допоміжних команд.</i> <i>Література: 7.</i> <i>СРС: Програмування заміни інструменту.</i> <i>Література: 9.</i></p>
22	<p><i>Розділ 4 Інформаційно-вимірювальні елементи слідкуючих та програмних електроприводів.</i> <i>Тема 4.1 Датчики положення слідкуючих електроприводів.</i> <i>Датчики положення слідкуючих електроприводів: класифікація, вимоги, класи точності, основні параметри, статичні характеристики та динамічні властивості. Узгодження характеристик датчиків з подальшими пристроями.</i></p>
23	<p><i>Потенціометричні та індуктивні датчики кутового та лінійного переміщення.</i> <i>Електромашинні датчики положення на основі сельсинів та обертових трансформаторів. Лінійний індуктосин. Принцип роботи, амплітудний і фазовий режими.</i></p>
24	<p><i>Оптичні датчики кутового і лінійного переміщення.</i> <i>Імпульсні та цифрові датчики положення. Література: 1, 2, 3, 6, 25, 28.</i> <i>СРС: Імпульсні та кодові датчики переміщення.</i> <i>Література: 1, 25, 28.</i></p>
25	<p><i>Тема 4.2 Засоби сполучення цифрових і аналогових систем, інтерфейс.</i> <i>Засоби сполучення цифрових і аналогових систем в слідкуючих та програмних електроприводах, елементи інтерфейсу зв'язку.</i> <i>Література: 1, 23, 25, 28.</i> <i>СРС: Приклади схем інтерфейсу для цифро-аналогових систем.</i> <i>Література: 23, 25, 28.</i></p>
26	<p><i>Тема 4.3 Цифро-аналогові та аналогово-цифрові перетворювачі.</i></p>

	<p>Призначення та принципи побудови цифро-аналогових та аналогово-цифрових перетворювачів (число-імпульсних, з часовим перетворенням, компенсаційні)</p> <p>Література: 1, 25, 28.</p> <p>СРС: Схемотехніка та технічні характеристики типових ЦАП і АЦП.</p> <p>Література: 25, 28.</p>
27	<p>Тема 4.4 Засоби формування перехідних процесів для підвищення точності статичних і динамічних режимів слідкуючих електроприводів</p> <p>Задатчики інтенсивності, датчики збурень, параболічний регулятор положення</p> <p>Література: 25, 28.</p> <p>СРС: Технічна реалізація засобів формування перехідних процесів.</p> <p>Література: 28.</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.</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.</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: 8.</p> <p>СРС: Документи користувача систем ЧПК</p> <p>Література: 8.</p>	4
4	<p>Лабораторне заняття 4. Дослідження функціональних можливостей гравера з ЧПК в програмному середовищі GRBL Control.</p>	4

<p><i>Принципи програмної генерації коду керуючих програм в системах автоматичного проектування.</i></p> <p><i>Література: 7.</i></p> <p><i>СРС: Основи роботи в САМ системі ESPRIT.</i></p> <p><i>Література: 7.</i></p>	
---	--

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

Самостійна робота студента

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

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 (PCO)

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.

МКР проводиться на 10 тижні. Для МКР виділяється 2 години занять. Темі, які вносяться 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, РГР та МКР.

Форма проведення заліку – письмова, заліковий білет складається з двох теоретичних запитань та одного практичного завдання.

Максимальна сума балів складає 100: 2 теоретичних запитання по 30 балів та 1 практичне завдання 40 балів.

Критерії оцінювання 1 теоретичного запитання:

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

Критерії оцінювання практичної задачі:

40 балів – задачу виконано правильно у повному обсязі;

39-30 балів – задачу виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями;

31-15 балів – задачу виконано майже у повному обсязі з незначними помилками;

0 балів – задачу виконано неправильно або не виконано взагалі.

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	<i>Дуже добре</i>
75-84	<i>Добре</i>
65-74	<i>Задовільно</i>
60-64	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>
<i>Менше 30</i>	<i>Не допущено</i>

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 збудувальною 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 багатошпindelного 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 № 14 від 21.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2023 р.)