



# СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність (Electromechanical automation systems, electric drive and electric mobility)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=fcdd26a5-1e05-452c-bab5-0604b5d84a4f">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=fcdd26a5-1e05-452c-bab5-0604b5d84a4f</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор Толочко Ольга Іванівна, тел. 0994945473; к.т.н., доцент Приймак Богдан Іванович, тел. 0681213423. Лабораторні: к.т.н., доцент Приймак Богдан Іванович, тел. 0681213423. Практичні заняття: д.т.н., професор, Толочко Ольга Іванівна, тел. 0994945473.</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom <a href="https://classroom.google.com/c/Mzc4NDkyNjMyNDU1">https://classroom.google.com/c/Mzc4NDkyNjMyNDU1</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Силабус навчальної дисципліни «Системи оптимального та інтелектуального керування» складена відповідно до освітньої програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність».*

***Метою навчальної дисципліни** "Системи оптимального та інтелектуального керування" є формування у студентів здатностей вирішувати задачі варіаційного числення; знаходити екстремуми функцій однієї та декількох змінних; застосовувати методи розв'язання задач безумовної та умовної оптимізації для поліпшення енергетичних показників та показників якості перехідних процесів в системах керованого електроприводу; визначати необхідні стратегії оптимального керування електроприводом, виходячи з технологічних умов їх функціонування; застосовувати методи синтезу фазі-регуляторів, фазі-коректорів; та нейро-регуляторів; організації навчання штучних неймереж.*

***Предмет навчальної дисципліни** – варіаційне числення; методи Ейлера, Ейлера-Пуассона, Лагранжа; принцип максимуму Понтрягіна; стратегії оптимального керування*

електроприводом; синтез енергооптимальних систем (мінімізація окремих видів втрат, максимізація ККД електроприводу); синтез систем електроприводу, оптимальних за швидкодією; фазі-логіка, штучні нейромережі (синтез та тренування).

**Програмні результати навчання:**

Компетенції: (ЗК1) здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (ЗК2) здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій; (ЗК5) здатність приймати обґрунтовані рішення; (ЗК6) здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями; (ФК4) здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (ФК9) здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (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; (ФК15) здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (ФК17) здатність до виконання дослідно-конструкторських робіт, що передбачають розробку нових та модернізацію існуючих електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.

Знання: (PH03) аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах; (PH04) реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу; (PH05) володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (PH09) дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України; (PH10) обґрунтовувати вибір напряму та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Уміння: (PH01) відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні; (PH14) опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (PH16) проектувати нечіткі регулятори, нейронні мережі, генетичні алгоритми, оцінювачі технологічних координат та параметрів для електромеханічних систем керування автоматичного та електроприводів; (PH18) розробляти інтелектуальні системи автоматичного керування, нові алгоритми керування динамічними системами, виконувати цифрову обробку сигналів в електромеханічних системах; (PH19) застосовувати енергоефективні методи керування при розробці нових електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, електромобілів.

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

Дисципліна "Системи оптимального та інтелектуального керування" потребує насамперед знань з дисциплін "Теорія автоматичного керування" та "Системи автоматизованого електроприводу". Знання і навички, отримані студентами при вивченні дисципліни "Системи оптимального та інтелектуального керування", стануть їм у пригоді при виконанні випускної магістерської роботи.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 2 **розділи**, а саме:

1. **«Системи оптимального керування»**, до якого ввійшли питання визначення функціоналу та його основні властивості, вирішення задач на безумовний екстремум, синтезу оптимального керування процесами розмагнічування та намагнічування нерухомого векторно керованого асинхронного двигуна, вирішення варіаційних задач на умовний екстремум, оптимального керування системами позиційного електроприводу з обмеженням або мінімізацією теплових втрат та синтезу оптимального керування потокозчеплення ротору векторно-керованого асинхронного двигуна з умов мінімізації струму статора при заданому моменті та з умов максимізації ККД, стратегії оптимального керування моментом та швидкістю синхронного двигуна зі вбудованими у ротор постійними магнітами.
2. **«Системи інтелектуального керування»**, до якого ввійшли питання нечітких множин та фазі-логіки, основ нечіткого керування динамічними об'єктами, практичної побудови фазі-регуляторів, реалізації типових фазі-регуляторів та нечітких САК, штучного нейрону та штучних нейронних мереж, навчання штучних нейронних мереж, основних типів штучних нейромереж, сфери їх перспективного застосування, основи теорії генетичних алгоритмів оптимізації.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. К.: Либідь. 2007. – 655 с.
2. Толочко О.І. Системи оптимального та інтелектуального керування в електромеханічних системах. Частина 1. Оптимальне керування в електромеханіці. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 117 с.
3. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації. Навчальний посібник. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с.
4. Калашиніков В.І., Паліс Ф., Лозинський О.Ю. Основи теорії фазі-логіки та фазі-регулювання: навчальний посібник. Донецьк, Магдебург, Львів, 2000. – 69 с.

Додаткові:

5. Zak S.H. Systems and Control. Oxford University Press, 2003. – 770 p.
6. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект. К.: Вид. дім “КМ Академія”, 2002. – 366 с.
7. Толочко О.І. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: Навчальний посібник. – Київ: НТУ «КПІ» (електронне видання), 2016. – 150 с.
8. O.Tolochko. Energy Efficient Speed Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor // Chapter in the free-open book “Applied Modern Control”, ISBN 978-1-78984-827-4, DOI: 10.5772/intechopen.80424, Published: February 13th 2019

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<b>Розділ 1. СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ</b> <b>Вступ.</b> Мета дисципліни. Історія та основні напрями розвитку теорії оптимального керування.

	<p><i>Література: [3], с. 9-19;</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
2	<p><b>Тема 1.1. Основні поняття і визначення. Функціонал та його основні властивості. Функціонал та його основні властивості. Постановка та класифікація задач оптимального керування. Критерії оптимальності.</b>  <i>Література: [1], с. 563-566; [3], с. 26-33.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
3	<p><b>Тема 1.2. Пошук екстремумів функцій. Класифікація задач і методів розв'язання мінімаксних задач. Безумовна та умовна одномірна та багатомірна мінімізація.</b>  <i>Література: [3], с. 36-56.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
4	<p><b>Тема 1.3. Синтез системи оптимального керування потокозчеплення ротору векторно-керованого асинхронного двигуна (АД) з умов мінімізації струму статора при заданому моменті та з умов максимізації ККД. Класифікація втрат в АД. Математичний опис АД в ортогональній системі координат, орієнтованій за вектором потокозчеплення ротора. Постановка оптимізаційної задачі. Визначення енергетичних показників електроприводу. Синтез і математичне моделювання типової системи оптимального керування. Синтез системи оптимального керування. Порівняльний аналіз енергетичних показників.</b>  <i>Література: [2], с. 19-32.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
5	<p><b>Тема 1.4. Задача на безумовний екстремум. Рівняння Ейлера та Ейлера-Пуассона. Вивід рівняння Ейлера для найпростішого функціоналу. Теорема Лежандра. Окремі випадки методу Ейлера. Приклади застосування методу Ейлера.</b>  <i>Література: [1], с. 566-569; [2], с. 34.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
6	<p><b>Тема 1.5. Задача про брахістохрону. Постановка задачі. Розв'язання задачі методом Ейлера. Побудова оптимальних траєкторій. Порівняння часу пересування тіла по оптимальній та по лінійній траєкторіям.</b>  <i>Література: [2], с. 5-18.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
7	<p><b>Тема 1.6. Синтез оптимального керування процесами розмагнічування та намагнічування нерухомого векторно керованого асинхронного двигуна. Математичний опис каналу керування потокозчепленням ротора векторно-керованого асинхронного двигуна. Постановка оптимізаційної задачі. Складання рівняння Ейлера та його розв'язання. Визначення мінімізованих втрат. Пошук оптимальних параметрів експоненціального та лінійного законів керування потокозчепленням ротора.</b>  <i>Література: [2], с. 34-52.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
7	<p><b>Тема 1.6. Задача на умовний екстремум. Постановка задачі. Рівняння Ейлера-Лагранжа. Визначення Лагранжіана та Гамільтоніана. Приклади застосування методу Ейлера-Лагранжа.</b>  <i>Література: [1], с. 569-574; [2], с. 34.</i>  <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i></p>
8	<p><b>Тема 1.7. Стратегії оптимального керування моментом та швидкістю синхронного двигуна зі вбудованими у ротор постійними магнітами. Математичний опис векторно-керованого синхронного двигуна з поверхневими та вбудованими у ротор постійними магнітами. Постановка та розв'язання оптимальних стратегій керування «Максимальний момент на ампер» та «Максимальний момент на ампер». Структурні способи реалізації оптимальних стратегій.</b>  <i>Література: [2], с. 53-64.</i></p>

	<i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i>
9	<b>Тема 1.8. Оптимальне керування системами позиційного електроприводу з обмеженням або мінімізацією теплових втрат.</b> Математичний опис позиційного електроприводу. Постановка задач оптимального керування: 1) енергооптимальна – мінімізація теплових втрат при заданому переміщенні та заданому часі його відпрацювання; 2) термінальна задача – найшвидше переміщення при обмежених теплових втратах; 3) максимальне переміщення за заданий час при обмеженні на теплові втрати. Складання рівнянь Ейлера-Лагранжа та їх розв'язання. Постановка задачі квазіоптимального керування з мінімізацією теплових втрат та її розв'язання. Література: [1], с. 572-575; [2], с. 65-78. <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i>
10	<b>Тема 1.9. Некласичне варіаційне числення. Принцип максимуму Понтрягіна.</b> Поняття про принцип максимуму. Теорема Фельдбаума про $n$ інтервалів. Рішення задачі синтезу лінійних систем, оптимальних за швидкодією. Література: [1], с. 575-589; [2], с. 79-85. <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i>
11	<b>Тема 1.10. Оптимальне за швидкодією керування системами позиційного електроприводу.</b> Застосування принципу максимуму для синтезу оптимального за швидкодією керування позиційним електроприводом. Синтез закону оптимального керування. Синтез нелінійного регулятора положення. Структурний синтез задатчика положення. Література: [2], с. 86-91. <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i>
12	<b>Тема 1.11. Оптимальне за швидкодією гасіння коливань вантажу, підвішеного до механізму поступального руху.</b> Математичний опис коливань вантажу, підвішеного до механізму поступального руху. Рівняння оптимізації руху механізму поступального переміщення з умов максимально швидкого демпфірування коливань підвішеного до нього вантажу. Література: [2], с. 92-109. <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i>
13	<b>Тема 1.12. Основні поняття про динамічне програмування Беллмана та аналітичне конструювання регуляторів.</b> Література: [1], с. 623-627. <i>СРС: Проробка лекційного матеріалу та рекомендованої літератури.</i>
14	<b>Розділ 2. СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ</b> <b>Тема 2.1. Нечіткі множини та фазі-логіка.</b> Поняття про нечіткі множини, історія створення та розвитку їх теорії. Функція належності, основні типи функцій належності. Перетин, поєднання та заперечення фазі-множин. $T$ -норми та $S$ -норми, параметризовані і непараметризовані оператори. Універсальний оператор для моделювання перетину та поєднання фазі-множин. Література: [4], с. 7-13. <i>СРС: Застосування фазі-регуляторів для систем із запізненням Л.5, с. 150-156.</i>
15	<b>Тема 2.2. Основи нечіткого керування динамічними об'єктами.</b> Нечітке керування динамічними об'єктами, структура та базові принципи побудови фазі-регуляторів. Поняття про фазіфікацію, інференцію та дефазіфікацію. Завдання та практична реалізація інференції. Агрегація, імплікація, акумуляція та оператори для їх реалізації. Методи дефазіфікації. Фазі-системи типу Мамдані. Література: [4], с. 13-22. <i>СРС: Синтез фазі-регуляторів для систем із нелінійністю типу "люфт" Л.5, с. 174-181.</i>

16	<p><b>Тема 2.3. Питання практичної побудови фазі-регуляторів.</b> Аспекти практичної побудови фазі-регуляторів. Параметричні та непараметричні ступені свободи фазі-блока. Етапи проектування нечітких регуляторів.</p> <p>Література: [4], с. 22-33.</p> <p>СРС: Синтез фазі-регуляторів для систем із нелінійністю типу "зона нечутливості" Л.5, с. 181-187.</p>
17	<p><b>Тема 2.4. Реалізація типових фазі-регуляторів та нечітких САК.</b> Побудова типових фазі-регуляторів. Структури нечітких САК. Принципи побудови нечітких версій типових законів керування. Варіанти структурної організації систем автоматичного керування з фазі-регуляторами. Фазі-системи типу Мамдані та Сугено.</p> <p>Література: [4], с. 22-33.</p> <p>СРС: Синтез фазі-регуляторів для систем із нелінійністю типу "насичення" Л.5, с. 181-187.</p>
18	<p><b>Тема 2.5. Штучний нейрон та штучні нейронні мережі.</b> Поняття про штучний нейрон. Історія штучних нейронних мереж, аналогія з мозком. Біологічний нейрон, його будова та функціонування. Порівняння машини фон Неймана та біологічної нейронної системи. Штучний нейрон та його компоненти. Передатні функції штучного нейрона. Поєднання штучних нейронів у нейронні мережі. Архітектури нейромереж, мережі прямого та зворотного поширення сигналу. Статичні та динамічні нейронні мережі.</p> <p>Література: [5], с. 18-25; [4], с. 7-10.</p> <p>СРС: Історія розвитку теорії штучних нейронних мереж. Задача навчання одношарового перцептрона. Л.4, с. 3-6, 21-23.</p>
19	<p><b>Тема 2.6. Навчання штучних нейронних мереж.</b> Парадигми та правила навчання штучних нейронних мереж. Парадигма навчання з учителем, без учителя, змішана. Правила навчання Хебба та Хопфілда, дельта-правило, правило градієнтного спуску, навчання методом змагання. Оцінювання якості навчання нейромережі. Явище перенавчання нейронних мереж.</p> <p>Література: [5], с. 33-37; [4], с. 17-30.</p> <p>СРС: Навчання мереж прямого поширення сигналу. Л.4, с. 26-30.</p>
20	<p><b>Тема 2.7. Основні типи штучних нейромереж.</b> Сфери перспективного застосування. Нейронні мережі прямої передачі сигналу – багатошаровий перцептрон. Мережі Кохонена, Хопфілда, Больцмана та Хемінга. Застосування штучних нейромереж у задачах обробки зображень, обробки сигналів, апроксимації функцій, оптимізації, для ідентифікації, оцінювання стану та керування динамічними об'єктами, в експертних системах та нейрокомп'ютерах.</p> <p>Література: [5], с. 31-73; с. 74-138.</p> <p>СРС: Приклад проектування нейронного регулятора швидкості. Л.4, с. 238-241.</p>
21	<p><b>Тема 2.8. Основи теорії генетичних алгоритмів оптимізації.</b> Історія виникнення генетичних алгоритмів. Засади еволюційної теорії біологічних систем. Основні терміни в теорії генетичних алгоритмів – популяція, особина, хромосома, ген, генотип, фенотип, алель, локус, покоління. Функція пристосованості нащадків.</p> <p>Література: [5], с. 124-130.</p> <p>СРС: Оператори схрещування та мутації. Л.3, с. 133-134.</p>

### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Знайомство зі властивостями епіциклоїди та брахістохрони	2
2	Розв'язання задачі найскорішого спуску	2

3	Оптимальне керування асинхронним електроприводом за стратегіями «Максимальний момент на ампер» та «Мінімізація втрат у міді»	3
4	Оптимальні закони намагнічування та розмагнічування векторно-керуваного асинхронного двигуна в паузах повторно-короткочасного режиму роботи.	2
5	Оптимальні стратегії керування явнополюсними синхронними двигунами з постійними магнітами	2
6	Синтез та аналіз задавальних пристроїв, що реалізують оптимальні та квазіоптимальні за тепловими втратами закони керування позиційним приводом	2
7	Синтез та аналіз оптимальних за швидкодією систем позиційного електроприводу.	2
8	Оптимальне та квазіоптимальне за швидкодією гасіння коливань механічної системи візок-вантаж мостового крану .	3
	<b>Разом</b>	<b>18</b>

### **Лабораторні роботи**

Основними завданнями циклу лабораторних занять є закріплення теоретичних знань з кредитного модуля, надбання студентами практичних навичок із проведення експериментальних досліджень, розрахунку параметрів інтелектуальних електромеханічних САР, дослідження їх властивостей.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Ознайомлення з лабораторними стендами та з порядком підготовки, виконання й захисту лабораторних робіт.	2
2	Дослідження екстремальної системи автоматичного керування електромеханічним об'єктом	4
3	Синтез та дослідження нечітких регуляторів для інтелектуального керування в електромеханічних системах	4
4	Вивчення штучних нейронних мереж для інтелектуального керування в електромеханічних системах	4
5	Дослідження генетичних алгоритмів для задач оптимізації електромеханічних систем керування	4
	<b>Разом</b>	<b>18</b>

### **6. Самостійна робота студента**

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Історія розвитку оптимального керування	1
2	Ізопараметричні задачі	1
3	Біографія Понтрягіна	1

4	<i>Побудова нечітких-регуляторів для систем із часовим запізненням</i>	1
5	<i>Синтез фазі-регуляторів для систем із нелінійністю типу «люфт»</i>	1
6	<i>Синтез фазі-регуляторів для систем із нелінійністю типу “зона нечутливості”</i>	1
7	<i>Проблема навчання одношарового перцептрона</i>	1
8	<i>Основні оператори генетичного алгоритму</i>	1
9	<i>Селекція елітних особин нової генерації</i>	1

## Політика та контроль

### 7. 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. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних 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;*
- *правила захисту лабораторних робіт: допускається тільки індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.*
- *правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт.*
- *політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено; перескладання захисту лабораторних робіт відбувається, якщо результати захисту не задовільні.*
- *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 «Математичні методи в електромеханіці»;*



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

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

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) відвідування 18 лекційних занять та відповіді на контрольні запитання;
- 2) виконання та захист 15 лабораторних робіт;
- 3) виконання 2 модульних контрольних робіт;
- 4) здача заліку (опціонально).

### **Система рейтингових балів**

#### **1. Відповіді на контрольні запитання до лекційного матеріалу(глоб):**

Ваговий бал дорівнює 2. Максимальна кількість балів за всі 18 лекцій становить 36 балів. Нарахування балів за 1 лекцію здійснюється за наступним критерієм:

- правильні та своєчасні повні відповіді на усі контрольні запитання – 2 бали за кожну лекцію;
- запізнення від 2-х до 4-х тижнів з відповідями на контрольні запитання – до 1.5 балів за кожну лекцію;
- запізнення більше від 4-х тижнів з відповідями на контрольні запитання – до 1 балу за кожну лекцію.

#### **2. Виконання та захист лабораторних робіт (гlaub):**

Ваговий бал дорівнює 3. Максимальна кількість балів за всі 15 лабораторних робіт становить 45 балів. Максимальний бал за 1 лабораторну роботу розподіляється наступним чином: виконання – 1 бали; захист – 2 бали;. Нарахування балів за 1 лабораторну роботу здійснюється за наступним критерієм:

- своєчасне і правильне виконання лабораторної роботи і представлення звіту у повному обсязі і з дотриманням правил оформлення згідно з правилами – 3 бали;
- представлення звіту з запізнення від 2-х до 4-х тижнів – до 2 балів;
- представлення звіту з запізнення більшим, ніж 4-и тижні – до 2 балів;
- несамотійна робота (копіювання програм і звітів) – 0 балів.

Своєчасним представленням звіту з виконаної лабораторної роботи вважається подання його не пізніше, ніж за 1 добу до наступного лабораторного заняття.

#### **3. Модульна контрольна робота (гм):**

Ваговий бал дорівнює 8. Максимальна кількість балів за 1 модульну контрольну роботу тривалістю 2 години становить 9. Нарахування балів за 1 МКР здійснюється за наступним критерієм:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 8-9 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 6-7 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 4-5 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

### **Атестації**

За результатами навчальної роботи за перші 8 тижнів «ідеальний студент» має набрати 46 бали (8 лекцій, 4 лабораторні роботи, 1 МКР). На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% від максимальних балів, тобто 23 бали.

За результатами 16 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 74 бали (16 лекцій, 7 лабораторних робіт, 2 МКР). На другій атестації (16-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 37 балів.

### **Загальний рейтинг та залікова контрольна робота**

Максимальна сума балів з кредитного модуля складає 100 ( $r_1+r_2+r_3+r_4$ ). Необхідною умовою допуску до заліку є повний конспект лекцій, відпрацьовані та зараховані лабораторні роботи. Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг 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 бали студентом анулюються, окрім балів за ДКР ( $r_4$ ), а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною. Завдання контрольної роботи складаються з двох запитань відповідно до тематики робочої навчальної програми.

Кожне запитання контрольної роботи ( $r_1$ ,  $r_2$ ) оцінюється у 40 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 35-40 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 27-34 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-26 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за кожне з двох запитань контрольної роботи та ДКР переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

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

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

### Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Постановка задачі оптимального керування.
2. Визначення функціоналу.
3. Критерії оптимальності.
4. Задача на визначення безумовного екстремуму. Рівняння Ейлера. Умови Лежандра.
5. Задача на визначення умовного екстремуму. Рівняння Лагранжа.
6. Принцип максимум Понтрягіна. Теорема Фельдбаума про  $n$  інтервалів.
7. Види втрат електроенергії в системах електроприводу.
8. Стратегії оптимального керування АД та СДПМ.
9. Оптимальне керування процесами намагнічування і розмагнічування векторно-керованого АД.
10. Енергоефективне оптимальне керування позиційним електроприводом.
11. Керування позиційним електроприводом, оптимальне за швидкодією.
12. Оптимальне гасіння коливань вантажу, підвішеного на гнучкому канаті до візка кранового механізму.
13. Нечіткі множини та функція належності.
14. Основні типи функцій належності.
15. Операції на фазі-множинах: перетин, поєднання та заперечення.
16. Система фазі-логіки типу Мамдані.
17. Система фазі-логіки типу Сугено.
18. Етапи нечіткого логічного виведення.
19. Основні методи дефазіфікації.
20. Схема штучного нейрона та його робота.
21. Основні типи функцій активації нейронів.
22. Основні типи нейронних мереж.
23. Принципи та правила навчання нейронних мереж.
24. Метод навчання нейронних мереж прямого поширення.
25. Здатність нейронних мереж до узагальнення.
26. Перевірка якості навчання мережі.
27. Явище перенавчання нейронної мережі.
28. Отримання динамічної системи на основі нейронної мережі прямого поширення.
29. Алгоритм роботи класичного генетичного алгоритму.
30. Основні генетичні оператори.

**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)

склали професор кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу,

д.т.н. Толочко О.І. .



і доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу,

к.т.н. Приймак Б.І.



**Ухвалено** кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 11 від 15 червня 2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16 червня 2022 р.)