



# ПРАКТИКУМ З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ

## 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>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1-й курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викла- дачів	Лектор: <i>к.т.н., доц. Приймак Богдан Іванович, 0681213423</i> Практичні: <i>к.т.н., доц. Приймак Богдан Іванович</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/NjE1ODAxODk3MDc0?cjc=jxo534I">https://classroom.google.com/c/NjE1ODAxODk3MDc0?cjc=jxo534I</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Програму навчальної дисципліни "Практикум з інтелектуального керування в електромеханічних системах" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра спеціальності 141 – "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".*

*Метою навчальної дисципліни "Практикум з інтелектуального керування в електромеханічних системах" є формування у студентів здатностей застосовувати методи синтезу фазі-регуляторів, проектувати штучні нейронні мережі, здійснювати глибоке навчання нейронних мереж, виконувати побудову та дослідження систем інтелектуального керування з нейромережними та нейро-фазі регуляторами, застосовувати генетичні алгоритми для оптимізації електромеханічних систем.*

*Предмет навчальної дисципліни – нечітка логіка та фазі-регулятори, теорія і практика штучних нейронних мереж, нейронні мережі з глибоким навчанням, системи інтелектуального керування на основі нейронних та нейро-фазі мереж, генетичні алгоритми оптимізації, що ґрунтуються на комп'ютерному моделюванні біологічних механізмів еволюції в живій природі.*

**Програмні результати навчання:**

**Компетентності:** (ЗК1) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК2) Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК3) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК4) Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності. (ЗК6) Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями. (ЗК8) Здатність працювати автономно та в команді. (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. (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, застосовувати методи оптимізації, прогнозного та інтелектуального керування.

**Знання:** (PH01) Знати і розуміти як відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні. (PH03) Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах. (PH16) Розробляти нечіткі регулятори, нейронні мережі, генетичні алгоритми, оцінювачі технологічних координат та параметрів для електромеханічних систем автоматичного керування та електроприводів.

**Уміння:** (PH18) Розробляти інтелектуальні системи автоматичного керування, нові алгоритми керування динамічними системами, виконувати цифрову обробку сигналів в електромеханічних системах. (PH19) Застосовувати методи оптимізованого та прогнозного керування при розробці нових електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, систем керування електричними транспортними засобами.

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

Дисципліна "Практикум з інтелектуального керування в електромеханічних системах" у першу чергу потребує знань з дисциплін "Теорія автоматичного керування", "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування" й "Інтелектуальне керування та оптимізація в електромеханічних системах". Знання та навички, отримані студентами при вивченні дисципліни "Практикум з інтелектуального керування в електромеханічних системах", будуть корисними при написанні магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на **3 розділи**.

### **Розділ 1. Фазі-логіка та нечіткі системи керування**

Тема 1.1. Структури нечітких САК та типові фазі-регулятори.

Тема 1.2. Інструментарій Fuzzy Logic Designer в MATLAB для проектування та дослідження нечітких систем.

Тема 1.3. Приклад синтезу нечіткої САК швидкістю двигуна постійного струму.

Тема 1.4. Приклад синтезу нечіткої САК швидкістю асинхронного двигуна.

Тема 1.5. Інструментарій Neuro Fuzzy Designer в MATLAB для проектування та дослідження нейро-нечітких систем.

## **Розділ 2. Нейронні мережі та системи керування на їх основі**

Тема 2.1. Модель нейрона та побудова штучних нейронних мереж.

Тема 2.2. Методи навчання штучних нейронних мереж.

Тема 2.3. Основні типи штучних нейромереж.

Тема 2.4. Інструментарій NN Tool в MATLAB для проектування та дослідження нейронних мереж.

Тема 2.5. Лінійні нейронні мережі.

Тема 2.6. Нейронні мережі глибокого навчання.

Тема 2.7. Інструментарій Deep Network Designer в MATLAB для проектування та дослідження нейронних мереж глибокого навчання.

## **Розділ 3. Генетичні алгоритми для задач оптимізації електромеханічних систем**

Тема 3.1. Принцип роботи генетичного алгоритму.

Тема 3.1. Інструментарій Optim Tool в MATLAB для застосування генетичних алгоритмів оптимізації.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### Основні інформаційні ресурси:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування : підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. – К. : Либідь, 2007.– 656 с.
2. Калашніков В.І., Паліс Ф., Лозинський О.Ю. Основи теорії фази-логіки та фази-регулювання: учбовий посібник. Донецьк, Магдебург, Львів, 2000. – 69 с.
3. Raol J.R., Аyyagari R. Control Systems: Classical, Modern, and AI-Based Approaches, CRC Press, 2019, 668 p.
4. Kim P. MATLAB Deep Learning: With Machine Learning, Neural Networks and Artificial Intelligence, Apress, 2017, 168 p.
5. Brink H., Richards J., Fetherolf M. Real-World Machine Learnin, Manning Publications, 2016, 264 p. c
6. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide: MathWorks, 2018.
7. Neural Networks Toolbox User's Guide: MathWorks, 2017.

### Додаткові:

8. Руденко О. Г., Бодяньський Є. В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. —Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. — 404 с.
9. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект. К.: Вид. дім "КМ Академія", 2002. – 366 с.
10. Довбиш А. С. Основи проектування інтелектуальних систем : навчальний посібник. Суми: Видавництво СумДУ, 2009. – 171 с.
11. Зайченко Ю. П. Основи проектування інтелектуальних систем: навчальний посібник. К.: Видавничий Дім «Слово», 2004. – 352 с.
12. Callan R.The Essence of Neural Networks, Prentice Hall, 1998, 248 p.
13. Jantzen J. Foundations of Fuzzy Control: A Practical Approach, Wiley, 2013, 352 p.
14. Chollet F., Allaire J.J. Deep Learning with R, Manning, 2018, 360 p.

## 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)
1,2	<p><b>Розділ 1. Фазі-логіка та нечіткі системи керування</b></p> <p><b>Вступ.</b> Застосування методів теорії штучного інтелекту для побудови систем інтелектуального керування електромеханічними об'єктами. Структура та задачі навчальної дисципліни. Основна та додаткова література.</p> <p><b>Тема 1.1. Структури нечітких САК та типові фазі-регулятори.</b> Принципи побудови нечітких версій типових законів керування (ПД, ПІ та ПІД регулятори). Варіанти структурної організації систем автоматичного керування з фазі-регуляторами. Фазі-системи логічного виведення типу Мамдані та Сугено. Література [2], [6].</p>
3	<p><b>Тема 1.2. Інструментарій Fuzzy Logic Designer в MATLAB для проектування та дослідження нечітких систем.</b> Призначення та функціональні можливості інструментарію Fuzzy Logic Designer. Формування функцій належності лінгвістичних змінних та бази логічних правил. Практична робота з інструментарієм Fuzzy Logic Designer при побудові блоку фазі-логіки типу Мамдані. Література [2], [6].</p>
4	<p><b>Тема 1.3. Приклад синтезу нечіткої САК швидкістю двигуна постійного струму.</b> Математичний опис двигуна постійного струму із замкненим контуром струму з налаштуванням на модульний оптимум. Синтез звичайного ПІ регулятора швидкості двигуна з налаштуванням на симетричний оптимум. Встановлення лінгвістичних змінних, вибір функцій належності. Формування бази логічних правил. Побудова нечіткої системи логічного виведення типу Мамдані для регулювання швидкості двигуна. Складання моделей синтезованих САК в Simulink. Виконання порівняльного дослідження показників якості звичайної та нечіткої САК швидкістю двигуна постійного струму.</p>
5	<p><b>Тема 1.4. Приклад синтезу нечіткої САК швидкістю асинхронного двигуна.</b> Лінеаризована математична модель частотно-керованого асинхронного двигуна. Синтез звичайного ПІД регулятора швидкості двигуна з налаштуванням на модульний оптимум. Встановлення лінгвістичних змінних, вибір функцій належності, формування бази логічних правил. Побудова нечіткої системи логічного виведення типу Мамдані для регулювання швидкості двигуна. Складання моделей синтезованих САК в Simulink. Виконання порівняльного дослідження показників якості звичайної та нечіткої САК швидкістю асинхронного двигуна.</p>
6,7	<p><b>Тема 1.5. Інструментарій Neuro Fuzzy Designer в MATLAB для проектування та дослідження нейро-нечітких систем.</b> Призначення та функціональні можливості інструментарію Neuro Fuzzy Designer. Типи нейронних мереж, алгоритми навчання, цільові функції та методи оцінювання якості навчання синтезованої мережі. Практична робота з інструментарієм Neuro Fuzzy Designer при побудові нейронної мережі. Приклад побудови на основі логічного виведення типу Сугено адаптивної нейро-фазі системи ANFIS (Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems) для компенсування шуму в нестаціонарному сигналі. Література [2], [6].</p>

8	<p><b>Розділ 2. Нейронні мережі та системи керування на їх основі</b></p> <p><b>Тема 2.1. Модель нейрона та побудова штучних нейронних мереж.</b> Біологічний нейрон, його будова та функціонування. 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. Література [1], [7].</p>
9	<p><b>Тема 2.2. Методи навчання штучних нейронних мереж.</b> Парадигми та правила навчання штучних нейронних мереж. Методи навчання з учителем, без учителя, змішаний. Правила навчання Хебба та Хопфілда, дельта-правило, правило градієнтного спуску, навчання методом змагання. Оцінювання якості навчання нейромережі. Явище перенавчання нейронних мереж. Література [1], [7].</p>
10	<p><b>Тема 2.3. Основні типи штучних нейромереж.</b> Нейронні мережі прямого поширення сигналу – багатошаровий перцептрон. Мережі Кохонена, Хопфілда, Больцмана та Хемінга. Застосування штучних нейромереж у задачах розпізнавання образів, апроксимації функцій, оптимізації, ідентифікації, оцінювання стану та керування динамічними об'єктами, надскладних обчислень. Література [1], [7].</p>
11, 12	<p><b>Тема 2.4. Інструментарій NN Tool в MATLAB для проектування та дослідження нейронних мереж.</b> Призначення та функціональні можливості інструментарію NN Tool. Типи нейронних мереж, алгоритми навчання, цільові функції та методи оцінювання якості навчання синтезованої мережі. Практична робота з інструментарієм NN Tool при побудові нейронної мережі. Приклад синтезу нейронної мережі прямого поширення для апроксимації векторної функції з багатьма екстремумами. Література [3], [7].</p>
13, 14	<p><b>Тема 2.5. Лінійні нейронні мережі.</b> Задачі класифікації векторів та фільтрування сигналів. Адаптивні лінійні мережі (ADALINE). Робота адаптивної лінійної мережі для прогнозування виходу динамічної системи 2-го порядку. Структура та робота адаптивної нейронної мережі для фільтрування сигналу з компенсуванням шуму. Література [1], [7].</p>
15	<p><b>Тема 2.6. Нейронні мережі глибокого навчання (Deep Learning Neural Networks).</b> Згорткові нейронні мережі. Основи глибокого навчання нейронних мереж. Поняття про машинне навчання. Тензори та операції з ними. Інструменти глибокого навчання. Керування ознаками. Побудова нейронних мереж глибокого навчання. Література [4], [5].</p>
16	<p><b>Тема 2.7. Інструментарій Deep Network Designer в MATLAB для проектування та дослідження нейронних мереж глибокого навчання.</b> Призначення та функціональні можливості інструментарію Deep Network Designer. Завантаження множини навчальних даних і встановлення тестової підмножини, визначення архітектури мережі, тренування мережі згідно з вибраними параметрами навчання, перевірка точності роботи навченої мережі. Приклад синтезу згорткової нейронної мережі глибокого навчання для розпізнавання рукописних цифр. Література [4], [5].</p>
17	<p><b>Розділ 3. Генетичні алгоритми для задач оптимізації електромеханічних систем</b></p> <p><b>Тема 3.1. Принцип роботи генетичного алгоритму.</b> Базові терміни в теорії генетичних алгоритмів. Функція пристосованості нащадків. Оператори кросинговеру, мутації та відбору. Блок-схема класичного генетичного алгоритму параметричної оптимізації. Література [3].</p>

18	<b>Тема 3.2. Інструментарій Optim Tool в MATLAB для застосування генетичних алгоритмів оптимізації.</b> Призначення та функціональні можливості інструментарію Optim Tool. Типи операторів кросинговеру, мутації та селекції. Приклади використання інструментарію для пошуку екстремумів функцій. Література [3].
----	--

### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<b>Синтез та дослідження нечіткої САК рівнем води в резервуарі водопостачання.</b> Математичний опис об'єкта керування – резервуар водопостачання. Синтез Підрегулятора рівня води в резервуарі водопостачання. Складання за диференційними рівняннями моделі об'єкта керування в Simulink. Встановлення лінгвістичних змінних, вибір функцій належності. Формування бази логічних правил. Побудова нечіткої системи логічного виведення типу Мамдані для регулювання рівня води в резервуарі водопостачання. Порівняльні дослідження звичайної та нечіткої САК рівнем води в резервуарі водопостачання. Література [2], [6].
2	<b>Побудова та дослідження нечіткої САК температурою води в душі.</b> Математичний опис об'єкта керування – пристрою змішування та розпилювання води в душі. Складання моделі об'єкта керування в Simulink, де виконавчими органами є вентиля холодної та гарячої води а збуренням є витрати води у розпилювачі. Встановлення лінгвістичних змінних, вибір функцій належності. Формування бази логічних правил. Побудова нечіткої системи логічного виведення типу Мамдані для регулювання рівня води в баку. Проведення дослідження нечіткої САК температури води в душі. Література [2], [6].
3	<b>Синтез та дослідження адаптивної нейро-фазі системи для прогнозування хаотичного часового ряду.</b> Складання диференційного рівняння Макея-Гласса для опису хаотичного часового ряду з невизначеним періодом. Побудова нечіткої системи логічного виведення типу Сугено, формування навчальних даних, тренування ANFIS мережі та її валідування. Проведення дослідження синтезованої адаптивної нейро-фазі системи для прогнозування хаотичного часового ряду. Література [2], [6].
4,5	<b>Побудова та дослідження адаптивної нейро-фазі системи для розв'язання оберненої задачі кінематики руки робота.</b> Математичний опис об'єкта керування – дволанкової руки робота. Розрахунок траєкторій руху руки робота та підготовка множини навчальних даних. Побудова нечіткої системи логічного виведення типу Сугено. Тренування адаптивної нейро-фазі мережі. Валідування навченої мережі. Проведення дослідження синтезованої адаптивної нейро-фазі системи - ANFIS для розв'язання оберненої задачі кінематики дволанкової руки робота. Література [2], [6].
6	<b>Синтез та дослідження лінійних нейронних мереж.</b> Синтез та дослідження адаптивної лінійної мережі ADALINE для прогнозування виходу динамічної системи 2-го порядку. Побудова структури та аналіз роботи ADALINE для фільтрування сигналу з компенсуванням шуму. Література [1], [7].
7, 8	<b>Побудова та дослідження нейронної мережі для розпізнавання образів (на прикладі букв алфавіту).</b> Вибір архітектури мережі. Навчання нейронної мережі на навчальній множині даних без шуму, перевірка якості роботи на контрольній множині даних. Навчання нейронної мережі на навчальній множині даних з шумом, перевірка якості роботи на контрольній множині даних. Навчання нейронної мережі

	<p>протягом 3-х стадій: 1) на навчальній множині без шуму; 2) на навчальній множині з шумом; 3) на навчальній множині без шуму. Перевірка якості роботи на контрольній множині даних. Виконання порівняльного дослідження трьох способів навчання нейронної мережі. Література [3], [7].</p>
9, 10	<p><b>Синтез та дослідження нейромережного оптимізатора втрат енергії в асинхронному електроприводі.</b> Модель втрат потужності в асинхронному двигуні. Формування еталонної поверхні модуля вектора потокозчеплення ротора двигуна. Вибір архітектури мережі та її навчання. Визначення раціональної кількості нейронів у захищеному шарі мережі з метою уникнення явища перенавчання. Виконання дослідження енергоефективної системи векторного керування асинхронним електроприводом при зміні навантаження та швидкості двигуна. Література [3], [7].</p>
11, 12	<p><b>Побудова та дослідження системи керування каталітичним реактором з нейромережним прогнозуючим регулятором.</b> Математичний опис об'єкта керування – каталітичного реактора з неперервним перемішуванням. Складання за диференційними рівняннями моделі нелінійного об'єкта керування в Simulink. Отримання множини навчальних даних шляхом ідентифікації моделі об'єкта. Синтез нейромережної прогнозуючої моделі керованої величини системи – концентрації продукту на виході реактора. Складання в Simulink повної моделі побудованої САК. Виконання дослідження показників якості побудованої системи з прогнозуючим нейрорегулятором при застосуванні різних методів оптимізації квадратичного критерію якості керування. Література [3], [7].</p>
13, 14	<p><b>Синтез та дослідження системи керування левітуючим магнітом (magnet levitation) з нейромережним регулятором типу NARMA-L2.</b> Складання за диференційними рівняннями моделі левітуючого магніту у Simulink. Опис об'єкта керування моделлю нелінійної авторегресії із ковзним середнім (Nonlinear Autoregressive Moving Average). Синтез нейронної мережі, що апроксимує динамічну нелінійну модель об'єкта. Формування еталонної моделі згідно із вимогами до системи. Складання в Simulink повної моделі побудованої САК. Виконання дослідження показників якості побудованої системи нейрорегулятором типу NARMA-L2 при зміні маси магніту та заданого проміжку магнітної левітації. Література [3], [7].</p>
15, 16	<p><b>Побудова та дослідження нейромережної системи керування ланкою робота з еталонною моделлю.</b> Складання у Simulink за диференційними рівняннями еталонної моделі, що задає бажану траєкторію ланки робота та моделі ланки робота - нелінійного об'єкта керування. Отримання множини навчальних даних шляхом ідентифікації моделі об'єкта. Синтез нейронної мережі, що апроксимує динамічну нелінійну модель об'єкта. Синтез нейромережного регулятора при формуванні навчальних даних за допомогою еталонної моделі та нейронної моделі об'єкта. Складання в Simulink повної моделі побудованої САК. Виконання дослідження показників якості побудованої системи в залежності від довжини ланки та коефіцієнта тертя. Література [3], [7].</p>
17, 18	<p><b>Застосування генетичного алгоритму для оптимізації системи керування електроприводом.</b> Запис на основі диференційних рівнянь моделей систем підпорядкованого керування швидкістю двигуна постійного струму з ПІ-регулятором струму, П- та ПІ-регуляторами швидкості. Оптимізація налаштування регуляторів САК за допомогою генетичного алгоритму. Проведення дослідження якості оптимізації в залежності від типу операторів мутації, кросингвера та розміру популяції особин. Література [3].</p>

## 5. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	83
2	Виконання РГР	15
3	Підготовка до МКР	4
4	Підготовка до заліку	6

## Політика та контроль

### 6. 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, практичних та лабораторних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях, передбачені в РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється згідно із вказівками викладача;*
- *правила захисту індивідуальних завдань: захист РГР з дисципліни здійснюється індивідуально на останньому практичному занятті;*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*
- *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 чесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при складанні контрольних заходів з дисципліни "Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування";*
- *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.*

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

**Поточний контроль:** робота на лекційних і практичних заняттях, МКР.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

**Семестровий контроль:** залік.

#### Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Загальна рейтингова оцінка студента **R** складається з балів, які отримані за роботу протягом семестру, а саме за:



- 1) опрацювання 18-ми лекцій (очна форма навчання – написання конспекту лекції, дистанційна форма навчання – відповіді на контрольні запитання до лекції);
- 2) роботу на 18-ти практичних заняттях;
- 3) написання МКР;
- 4) виконання та захист РГР;
- 5) заохочування та штрафування.

Лекційні заняття	Практичні заняття	МКР	РГР
18	36	24	22

#### **Лекційні заняття**

Ваговий коефіцієнт дорівнює 1. Максимальна кількість балів за всі 18 лекцій становить  $1 \times 18 = 18$  балів.

##### *Критерії оцінювання*

- опрацювання лекції, представлено впродовж тижня після заняття	1
- опрацювання лекції, представлено із запізненням понад тиждень	0...0,5
- неопрацьована лекція	0
- <u>штраф</u> за запізнення та порушення порядку	1

#### **Практичні заняття**

Ваговий коефіцієнт дорівнює 2. Максимальна кількість балів за всі 18 практичних робіт становить  $2 \times 18 = 36$  балів.

##### *Критерії оцінювання*

- конспект практичних завдань, наданий впродовж 2-х тижнів після заняття	2
- конспект практичних завдань, наданий після 2-х тижнів після заняття	0...1
- <u>заохочення</u> за активність на занятті	1
- <u>штраф</u> за запізнення та порушення порядку	1

#### **Модульна контрольна робота**

Ваговий коефіцієнт дорівнює 24. Максимальна кількість балів за МКР становить  $24 \times 1 = 24$  балів.

##### *Критерії оцінювання*

- повна відповідь (не менше 90% від потрібної інформації)	21...24
- достатньо повна відповідь (не менше 75% від потрібної інформації)	18...20
- неповна відповідь (не менше 60% від потрібної інформації)	15...17
- незадовільна відповідь (менше 60% від потрібної інформації)	0...14
- неявка без поважних причин	0

#### **Розрахунково-графічна робота**

Ваговий коефіцієнт дорівнює 22. Максимальна кількість балів за одну розрахунково-графічну роботу становить  $22 \times 1 = 22$  балів.

##### *Критерії оцінювання*

- вчасний захист роботи у встановлений термін	1...22
- невчасний захист роботи до проведення заліку	0...14
- невчасний захист роботи після проведення заліку	0

### **Штрафи за плагіат**

За плагіат опрацювання лекційного заняття накладається штраф 1 бал.

За плагіат опрацювання практичного заняття накладається штраф 2 бали.

За плагіат МКР накладається штраф 12 балів та може змінюватися варіант завдання.

За плагіат РГР накладається штраф 11 балів та може змінюватися варіант завдання.

**Умовою позитивної проміжної атестації** є рейтинг студента не менший 50% від максимального можливого на час атестації. Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8-й тиждень) студент повинен мати не менше 10-ти балів. Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14-й тиждень) студент повинен мати не менше ніж 20 балів.

**Умовою допуску до заліку** є зарахування **розрахунково-графічної роботи, всіх практичних занять, матеріалу лекцій, а також стартовий рейтинг не менше 40% від суми балів, що можна отримати у семестрі, тобто 40 балів.**

**Критерії залікового оцінювання.** Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг менший ніж 60 балів, зобов'язані виконати залікову контрольну роботу. Студенти, які набрали не менше ніж 60 балів, отримують залікову оцінку автоматично відповідно до набраного рейтингу або за власним бажанням виконують залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки. Рейтингова оцінка студентів, які виконують залікову контрольну роботу складається з балів за розрахунково-графічну роботу та балів за залікову контрольну роботу. Нарахування балів за залікову контрольну роботу:

- повна відповідь (не менше 90% від потрібної інформації)	60..67
- достатньо повна відповідь (не менше 75% від потрібної інформації)	50..59
- неповна відповідь (не менше 60% від потрібної інформації)	40..49
- незадовільна відповідь (менше 60% від потрібної інформації)	0

Залікова контрольна робота складається з двох теоретичних питань та однієї задачі. Максимальна оцінка за кожне теоретичне питання дорівнює 20 балів, а за задачу – 38 бали.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<b>Загальна рейтингова оцінка R (сума балів)</b>	<b>Оцінка</b>
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
40...59	Незадовільно
менше ніж 40	Недостатньо

## **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **Зміст розрахунково-графічної роботи**

Розрахунково-графічна робота (РГР) складається з двох завдань. Перше завдання має на меті закріплення теоретичного матеріалу та отримання практичних навичок у сфері

нечіткого керування в електромеханічних системах. Це завдання включає побудову нечіткої електромеханічної системи автоматичного керування з фазі-регулятором пропорційно-інтегрального типу та проведення дослідження показників якості керування.

Друге завдання має своєю метою закріплення теоретичного матеріалу та набуття практичного досвіду з розділу теорії штучних нейронних мереж. Зокрема, тут здійснюється синтез та дослідження нейронної мережі прямого поширення щодо її придатності до апроксимування векторних багатоекстремальних функцій.

### **Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль**

1. Функція належності в теорії нечітких множин.
2. Основні типи функцій належності.
3. Операції з фазі-множинами: перетин, поєднання та заперечення.
4. Структурна схема фазі-контролера та призначення її складників.
5. Етапи нечіткого логічного виведення.
6. Основні методи дефазіфікації.
7. Система фазі-логіки типу Мамдані.
8. Система фазі-логіки типу Сугено.
9. Фазі ПД, ПІ та ПІД регулятори.
10. Призначення та функціональні можливості інструментарію Fuzzy Logic Designer.
11. Адаптивні нейро-фазі системи ANFIS на основі логічного виведення типу Сугено.
12. Призначення та функціональні можливості інструментарію Neuro Fuzzy Designer.
13. Схема штучного нейрона та його робота.
14. Основні типи функцій активації нейронів.
15. Основні типи нейронних мереж.
16. Парадигми та правила навчання нейронних мереж.
17. Метод навчання нейронних мереж прямого поширення.
18. Здатність нейронних мереж до узагальнення.
19. Перевірка якості навчання мережі.
20. Явище перенавчання нейронної мережі.
21. Динамічні нейронні мережі прямого поширення.
22. Призначення та функціональні можливості інструментарію NN Tool.
23. Лінійні нейронні мережі.
24. Адаптивні лінійні мережі ADALIN.
25. Синтез нейромережного оптимізатора втрат енергії в асинхронному електроприводі.
26. Формування навчальної множини даних для тренування нейрооптимізатора.
27. Процедура вибору раціональної кількості нейронів в оптимізаторі втрат енергії.
28. Структура та принцип роботи системи керування каталітичним реактором з нейромережним прогнозуючим регулятором.
29. Поняття «горизонту подій» в стратегії керування з прогнозуючою моделлю.
30. Структура та принцип роботи системи керування левітуючим магнітом з нейромережним регулятором типу NARMA-L2.
31. Структура та принцип роботи нейромережної системи керування ланкою робота з еталонною моделлю.
32. Згорткові нейронні мережі, їх будова та особливості.
33. Основи глибокого навчання нейронних мереж.
34. Призначення та функціональні можливості інструментарію Deep Network Designer.
35. Синтез згорткової мережі глибокого навчання для розпізнавання рукописних цифр.
36. Поняття про машинне навчання нейронних мереж.

37. Тензори та операції над ними. Ранги тензорів.
38. Блок-схема та принцип роботи класичного генетичного алгоритму.
39. Означення термінів генотип, ген, хромосома, особина, популяція та фенотип.
40. Функція пристосованості нащадків.
41. Основні генетичні оператори.
42. Подібність та відмінність операцій кросинговеру та мутації.
43. Призначення та функціональні можливості інструментарію *Optim Tool*.

***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) склав**

доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу,  
к.т.н. Приймак Б.І.

**Ухвалено** кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 14 від 21.07.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.07.2023 р.)