



# Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 рік навчання, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,5 кредита 135 годин (36 год. лекцій, 36 год. практичних, 63 год. СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит</i>
Розклад занять	<i><a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Босак Алла Василівна, тел. 050-729-50-67, email: <a href="mailto:alla_koz@ukr.net">alla_koz@ukr.net</a><sup>1</sup> Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Босак Алла Василівна, тел. 050-729-50-67, email: <a href="mailto:alla_koz@ukr.net">alla_koz@ukr.net</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4166">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4166</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Системи управління є невід'ємною частиною повсякденного життя сучасного суспільства. Вони контролюють нашу побутову техніку, наші розважальні центри, наші машини та наше офісне середовище; вони контролюють наші промислові процеси та наші транспортні системи; вони контролюють наше дослідження землі, моря, повітря та космосу. Майже всі ці програми використовують цифрові контролери, реалізовані на комп'ютерах, мікропроцесорах або цифровій електроніці.

Мета вивчення дисципліни – формування у студента теоретичних і практичних знань побудови цифрових моделей електромеханічних систем та створення ефективних алгоритмів управління для їх дослідження на практиці. Вивчення матеріалу даної дисципліни орієнтовано на широке застосування обчислювальної техніки.

<sup>1</sup> Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

Предметом навчальної дисципліни є цифрові системи керування електротехнічними комплексами.

Програмні результати навчання:

**Компетенції:** (K11) здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (K20) усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та 9 електромеханіці; (K24) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з розробкою автоматичних систем керування, оцінювати накопичений досвід; (K25) здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування, системного аналізу та числових методів для розроблення математичних моделей електротехнічних та мехатронних комплексів, аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

**Уміння:** (ПР06) застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР08) обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; (ПР17) розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж; (ПР20) застосовувати методи оптимізації при проектування електротехнічних та мехатронних систем та комплексів (ПР21) використовувати, розраховувати та досліджувати цифрові та нелінійні регулятори технологічних процесів, використовуючи сучасне електротехнічне обладнання.

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

Навчальна дисципліна «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Загальна фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки» «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки та при вивченні таких дисциплін: «Електропривод», «Автоматизований електропривод машин і установок», «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **- Розділ 1. Вступ до курсу «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами»:**

Тема 1.1. Теоретичні основи побудови цифрових систем управління.

Тема 1.2. Дискретизація безперервних систем на основі Z-перетворення та Z-форм.

### **- Розділ 2. Цифрове управління динамічними об'єктами:**

Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами.

Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів.

### **- Розділ 3. Оптимізація динамічних режимів ЦСУ:**

Тема 3.1. Використання ланок із запізненням та типових регуляторів в оптимальних системах керування.

Тема 3.2. Цифрове управління електроприводом.

### **- Розділ 4. Нелінійні системи керування:**

Тема 4.1. Нелінійні САК та їх особливості.

Тема 4.2. Точні методи дослідження нелінійних САК.

Тема 4.3. Фазові траєкторії та портрети нелінійних САК.

Тема 4.4. Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література:

1. Аналіз, синтез і проектування цифрових систем керування : навчальний посібник / С.М. Єсаулов, О.Ф. Бабічева ; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. - 150 сторінок : рисунки, таблиці.

2. Digital control systems. Settlement and graphic work [Electronic resource] : tutorial for bachelor's degree programs for an educational program "Engineering of Automated Electrical Systems" / A.V. Chermalykh, A.V. Danilin, A.V. Bosak, I.Ya. Maidanskyi ; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic text data (1 file: 3,09 MB). – Kiev : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2019. – 67 p. – Title from the screen. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26335>

3. Цифрові системи керування електротехнічними комплексами: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А.В. Босак. Л.Я. Кулаковський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,29 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 52 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41530>

4. Цифрові системи керування електротехнічними комплексами: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А.В. Босак. Л.Я. Кулаковський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 39 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41533>

5. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Б. І. Приймак, М. М. Желінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 64 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46174>

6. Приймак Б.І. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Б. І. Приймак. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 198 с.

##### Допоміжна література:

1. Богомолів В. О. Моделирование систем управления в Simulink : учебное пособие / В.А. Богомолів, О.Г. Гурко, В.І. Клименко, Д.М. Леонтьєв, О.М. Красюк ; Министерство образования и науки Украины, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. - Харьков : ХНАДУ, 2018. - 218 с.

2. Щокін В.П. Моделювання електромеханічних систем : навчальний посібник / В.П. Щокін [та ін.]. - Київ : Кондор, 2018. - 203 с.

3. Proceedings of the First International Conference on Computational Intelligence and Informatics [electronic resource] : ICCII 2016 / edited by Suresh Chandra Satapathy, V. Kamakshi Prasad, V. Padmaja Rani, Siba K. Udgata, K. Srujan Raju. // Springer eBooks - Singapore : Springer Singapore : Imprint: Springer, 2017. - XIV, 724 p. 274 illus. online resource.

4. Щур І. З. Енергоформуюче керування нелінійними електромеханічними системами з синхронними машинами на постійних магнітах : монографія / І.З. Щур, Ю.О. Білецький ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Тараса Сороки, 2018. - 167 с.

5. Гоголюк П. Ф. Теорія автоматичного керування : навч. посіб. / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин ; Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 279 с.

6. Заяць В. М. Методи, алгоритми та програмні засоби для моделювання і аналізу динаміки складних об'єктів і систем на основі дискретних моделей : монографія / В.М. Заяць. - Львів : Видавництво "Новий Світ-2000", 2020. - 399 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1-2	<p><b>Лекція 1.</b> Тема 1.1 Теоретичні основи побудови цифрових систем управління. Загальні відомості про цифрові системи управління. <b>Література: [1].</b></p> <p><b>Лекція 2.</b> Тема 1.1 Теоретичні основи побудови цифрових систем управління. Відрізняльні властивості цифрових систем. Основні функціональні схеми цифрових систем. <b>Література: [1].</b></p>
3-4	<p><b>Лекція 3.</b> Тема 1.1 Теоретичні основи побудови цифрових систем управління. Спрощення структурних схем з АЦП та ЦАП, формування дискретних імпульсів. Екстраполятори нульового порядку. Пристрої виборки та зберігання (ПВЗ) в цифрових системах. Z-перетворення Лапласу. Використання формул Z-перетворень при по-будові цифрових моделей. <b>Література: [3].</b></p> <p><b>Лекція 4.</b> Тема 1.2. Дискретизація безперервних систем на основі Z-перетворення та Z-форм. Порівняння використання Z-перетворення та Z-форм в цифрових моделях. Основні Z-форми інтегруючих ланок. Найпростіші формули Z-перетворення. <b>Література: [1].</b></p>
5-6	<p><b>Лекція 5.</b> Тема 1.2. Дискретизація безперервних систем на основі Z-перетворення та Z-форм. Реалізація цифрових моделей на основі Z-форм розкладенням зображення вихідної змінної в ступінний ряд. Етапи наближеного опису реакції безперервної системи на ступінчастий вплив за допомогою Z-форм [2].</p> <p><b>Лекція 6.</b> Тема 1.2. Дискретизація безперервних систем на основі Z-перетворення та Z-форм. Корируючі пристрої [4].</p>
7-8	<p><b>Лекція 7.</b> Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами. Цифрове управління об'єктами вищими за 2-й порядок. Побудова цифрових моделей розкладенням передавальної функції об'єкта керування на елементарні дробі [5].</p> <p><b>Лекція 8.</b> Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами. Вибір структури та параметрів коригуючих пристроїв за допомогою параметричної оптимізації [1].</p>
9-10	<p><b>Лекція 9.</b> Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами. Параметрична оптимізація системи з об'єктом управління третього порядку [3].</p> <p><b>Лекція 10.</b> Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів. Реалізація цифрових регуляторів з імпульсним фільтром в колі зворотного зв'язку. Побудова еквівалентної структурної схеми з послідовним імпульсним фільтром. Визначення дискретної передавальної функції імпульсного фільтру в колі зворотного зв'язку [2].</p> <p><b>Модульна контрольна робота 1.</b></p>
11-12	<p><b>Лекція 11.</b> Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів. Синтез цифрових регуляторів. [5].</p>

	<b>Лекція 12.</b> Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів. Функціональна схема системи підлеглого регулювання електроприводом постійного струму з одною пружно-в'язкою ланкою. [3].
13-14	<b>Лекція 13.</b> Тема 3.1. Використання ланок із запізненням та типових регуляторів в оптимальних системах керування. Використання ланок із запізненням для оптимізації динамічних режимів електромеханічних систем. Функціональна схема системи керування з ланкою із запізненням та підлеглим регулюванням координат. [2]. <b>Лекція 14.</b> Тема 3.1. Використання ланок із запізненням та типових регуляторів в оптимальних системах керування. Особливості цифрового моделювання систем підлеглого регулювання. Побудова функціональної схеми з ПВЗ. Визначення дискретних передавальних функцій об'єкту та регуляторів. Побудова структурної схеми алгоритму функціонування цифрової моделі. Синтез цифрових регуляторів в системі підлеглого регулювання з урахуванням внутрішнього зворотного зв'язку по ЕРС двигуна. [1].
15-16	<b>Лекція 15.</b> Тема 4.1. Нелінійні системи автоматичного керування. Нелінійні САК та їх особливості Перелік основних питань: Основні визначення та властивості. Типові нелінійності. [6]. <b>Лекція 16.</b> Тема 4.2. Точні методи дослідження нелінійних САК. Перелік основних питань: Поняття про фазовий простір. Фазові траєкторії на площині. [6].
17-18	<b>Лекція 17.</b> Тема 4.3. Назва теми лекції: Фазові траєкторії та портрети нелінійних САК Перелік основних питань: Особливі точки та особливі лінії. Метод ізоклін. Метод точкового перетворення. [6]. <b>Лекція 18.</b> Тема 4.4. Дослідження стійкості нелінійних систем. Теорема Ляпунова про стійкість. Частотний критерій абсолютної стійкості нелінійних систем В.-М. П'опова [6].

### Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
<b>Практичне заняття 1</b>	Визначення дискретної передавальної функції
<b>Практичне заняття 2</b>	Ознайомлення з цифровою системою Toolbox
<b>Практичне заняття 3</b>	Визначення $Z$ - перетворення, оберненої $Z$ - перевірки та кар-ти нулів та полюсів дискретних систем.
<b>Практичне заняття 4</b>	Дослідження реагування системи на зміну дискретного часу і вплив вибору дискретного часу на реакцію системи.
<b>Практичне заняття 5</b>	Визначення крокової відповіді цифрової системи в залежності від зміни параметрів керування.
<b>Практичне заняття 6</b>	Вплив нелінійностей на систему управління зі зворотним зв'язком 2-го порядку.
<b>Практичне заняття 7</b>	Параметрична оптимізація для системи управління технічним об'єктом.
<b>Практичне заняття 8</b>	Параметрична оптимізація для системи управління об'єктом другого порядку з коригуючим пристроєм.
<b>Практичне заняття 9</b>	МКР
<b>Практичне заняття 10</b>	Параметрична оптимізація системи з об'єктом управління третього порядку.
<b>Практичне заняття 11, 12</b>	Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини.
<b>Практичне заняття 13, 14</b>	Дослідження стійкості нелінійних систем другим методом Ляпунова А.М.
<b>Практичне заняття 15, 16</b>	Дослідження абсолютної стійкості нелінійних систем методом В.-М. П'опова.



## **6. Самостійна робота студента**

*Самостійна робота студента передбачає:*

*підготовку до аудиторних занять – 27 год;*

*підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;*

*виконання РГР – 10 год;*

*підготовку до іспиту – 24 год.*

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за лекціями; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

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

**Поточний контроль:** завдання в рамках практичного заняття (13 практичних занять × 3 балів = 39 бали), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 5 балів), РГР (16 балів). МКР виконується у вигляді тесту. По закінченню заняття тест закривається і не підлягає переписуванню або виконанню дома. Тест містить десять запитань і декілька відповідей до кожного з них, одна з яких вірна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 3 бали за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 3 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 2 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 1 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

РГР оцінюється в 16 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 16 – 13 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 12 – 9 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 8 – 5 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Вимоги до написання РГР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

$$RC(\min) = 8 \cdot 3 + 5 = 29 \text{ балів}$$

**Семестровий контроль:** іспит. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні, МКР і РГР.

$$RC(\max) = 2 \cdot 10 + 5 \cdot 3 + 20 + 5 = 60 \text{ балів}$$

$$RC(\min) = 2 \cdot 4 + 5 \cdot 2 + 12 + 0 = 30 \text{ балів}$$

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційна робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі.

Кожне запитання оцінюється в 13 балів, а задача в 14 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 14 – 12 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 11 – 9 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 8 – 7 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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 питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., к. т. н., доц. Босак Аллою Василівною

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №21 від 25.06.24 р.

Ухвалено Методичною комісією НН ІЕЕ. Протокол №18 від 24.06.24 р.

**Додаток до syllabusу освітнього компонента  
курсу «Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами»  
Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль**

1. Навести тимчасові і частотні форми дискретних моделей об'єктів управління.
2. Побудувати моделі часового ряду по реалізації впливу. Вибір інтервалів квантування за часом і рівнем.
3. Навести  $z$  - перетворення і його властивості.
4. Навести  $z$  - зображення керуючого впливу системи. Оператори тимчасового зсуву відліків сигналу і обчислення зворотних різниць.
5. Описати різницеve рівняння, що описує вільне і вимушений рух цифрової керованої системи.
6. Описати статичну характеристику перетворювача аналог-код цифровий системи і її лінеаризація.
7. Описати статичну характеристику перетворювача код-аналог цифрової системи і її лінеаризація.
8. Навести еквівалентні схеми АЦП і ЦАП.
9. Навести структурні схеми цифрової системи управління.
10. Визначити дискретну передавальну функцію і її властивості.
11. Визначити суму згортки і її  $z$ -перетворення.
12. Дати поняття цифровим рекурентним алгоритмам.
13. Визначити перехід від диференціального рівняння до еквівалентного різносного.
14. Навести основні методи побудови дискретних моделей об'єктів управління.
15. Навести використання графіка перехідного процесу об'єкта для побудови його дискретної моделі.
16. Дати визначення дискретним моделям інтегруючої ланки.
17. Дати визначення стійкості цифрової системи управління.
18. Навести ефекти квантування за рівнем в цифрових системах управління.
19. Навести періодичні режими в цифрових системах управління.
20. Навести основні цифрові моделі впливів, що обурюють. Формуючий фільтр.
21. Визначити методику побудови перехідного процесу цифрової системи управління по задаючому та збурюючому впливами.
22. Описати передавальну функцію цифрового ПД - регулятора.
23. Дати визначення узагальненому лінійному цифровому регулятору.
24. Дати визначення цифровому компенсаційному регулятору.
25. Дати визначення аперіодичному регулятору для ЦСУ без запізнювання в контурі.
26. Дати визначення аперіодичному регулятору ЦСУ з запізненням в контурі.
27. Описати регулятор з мінімальною узагальненою дисперсією.
28. Визначити методику оптимізації цифрових систем управління методом Грама-Шмідта.
29. Виконати імітаційне моделювання стохастичного об'єкта управління.
30. Виконати імітаційне моделювання цифрової керованої системи.
31. Визначити залежність якості управління цифрових систем від величин інтервалу квантування за рівнем і часу.
32. Які нелінійності називаються суттєвими?
33. У чому полягають принципові відмінності між лінійними та нелінійними САК?
34. Покажіть графічно та назвіть типові статичні однозначні нелінійності.
35. Зобразіть графічно та наведіть назви типових статичних неоднозначних нелінійностей.
36. Дайте визначення та наведіть приклади динамічних нелінійностей.
37. Наведіть приклади природних нелінійностей, що характерні для електромеханічних об'єктів.
38. Назвіть точні методи дослідження нелінійних САК.
39. Поясніть сутність методу фазового простору.
40. Що таке зображувальна точка та фазова траєкторія?
41. Які величини відкладаються по осях координат фазової площини?



42. Для лінійної ланки 2-го порядку зобразіть фазові траєкторії, що відповідають усім варіантам коренів характеристичного рівняння ланки.
43. Що таке фазовий портрет системи?
44. Які точки на фазових портретах САК називаються особливими?
45. Наведіть перелік усіх особливих точок на фазових портретах лінійної ланки 2-го порядку.
46. Які особливі лінії властиві фазовим портретам нелінійних САК?