



# 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<sup>1</sup></i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр;</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредита 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Пн.10:25;12-20; Вт.12:20; 14:15; Ср.12:20;14:15.</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: alla_koz@ukr.net<sup>2</sup></i> <i>Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Босак Алла Василівна, тел. 050-729-50-67, email: alla_koz@ukr.net</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> В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

<sup>2</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.

Результатом вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- здатність забезпечувати моделювання електротехнічних та електромеханічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів;

- здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу систем і складових шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання;

- здатність продемонструвати знання та навички щодо проведення експериментів, збору даних та моделювання у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах;

## **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: «Фізика», «Математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Теоретична механіка», «ТАК», «Теорія електроприводу», 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: «Автоматизований електропривод», «Моделювання електротехнічних комплексів» тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Навчальна дисципліна «Цифрові системи керування електротехнічними комплексами» складається з 3 розділів:

- **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.

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

### **3.1. Базова література:**

1. Гончаренко, Б. М. Основні поняття дискретних систем / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк, О. П. Лобок // Цифрові системи керування : навч. посібник. - Вінниця : Нова Книга, 2007. - 160 с.
2. Аналіз, синтез і проектування цифрових систем керування : навч. посібник / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. - 150 с.
3. Johnson M.A., Moradi M.H. PID Control. New Identification and Design Methods. — London: Springer, 2005. —544 p.
4. Куо Б. Теория проектирования цифровых систем управления. - М.: Машиностроение, 1986.-448с.
5. Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління. Навчальний посібник.- Дніпропетровськ: НДТУ, 2002.-414с.
6. O'Dwyer A. Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules. — Dublin: Dublin Institute of Technology, 2006. — 546 p.
7. А.О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. - Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с.
8. Густав Олссон, Джангудио Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления.-СПб.: Невский Диалект, 2001 - 557 с.
9. Грибко В.В. Мікропроцесорні системи керування електроприводами / В.В. Грибко, В.Ю. Кучерук, О.М. Возняк - Вінниця: ВНТУ, 2009. - 146 с.
10. Поповіч М.Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / М.Г. Поповіч, О.Ю. Лозинський. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.
11. Гультяев А.К. МАТЛАВ 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие.-СПб: Корона принт, 2001.-402с.

### **3.2. Допоміжна література:**

1. Парр. Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера/Парр Э. пер. 3-го англ. изд.-М.: БИНОМ, 2007.-516 с.
2. Дьяконов В.П. Математическая система Maple V R3/R4/R5. - М.: "СО-ЛОН", 1998.
3. Белов М.П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учеб. пособие / Зементов О.И., Козярук А.Е. и др.; под ред. Новикова В.А., Чернигова Л.М.. - М.: Изд. центр «Академия», 2006. - 416с.
4. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 7 в математике, в Физике и в Internet. - М: Нолидж, 1998. - 352 с.

### **3.3. Інформаційні ресурси**

- <http://uk.wikipedia.org> – Веб-сайт відомої у світі електронної енциклопедії
- <http://www.exponenta.ru> – Освітній математичний веб-сайт
- <http://planetmath.org> – Веб-сайт світової математичної енциклопедії
- <http://allmatematika.ru> – Математичний форум
- <http://www.forum.softweb.ru> – Веб-сторінка форуму математичного та інженерного програмного забезпечення
- <http://model.exponenta.ru> – Веб-сайт моделювання систем та явищ

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиж- день	Зміст навчальної роботи	Рекомендований час СРС
1-2	<p><b>Лекція 1.</b> Тема 1.1 Теоретичні основи побудови цифрових систем управління. Загальні відомості про цифрові системи управління.</p> <p><b>Лекція 2.</b> Тема 1.1 Теоретичні основи побудови цифрових систем управління. Відрізняльні властивості цифрових систем. Основні функціональні схеми цифрових систем.</p> <p><b>Практичне заняття 1.</b> Визначення дискретної передавальної функції</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</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.</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.</p> <p><b>Практичне заняття 2.</b> Ознайомлення з цифровою системою Toolbox.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</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</p> <p><b>Лекція 6.</b> Тема 1.2. Дискретизація безперервних систем на основі Z-перетворення та Z-форм. Корируючі пристрої.</p> <p><b>Практичне заняття 3.</b> Визначення Z - перетворення, оберненої Z- перевірки та кар-ти нулів та полюсів дискретних систем.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</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 дроби.</p> <p><b>Лабораторна робота 1.</b> Моделювання цифрового контролера для системи керування з двигуном постійного струму. Моделювання за допомогою методу кореневого годографу.</p> <p><b>Лекція 8.</b> Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами. Ви-бір структури та параметрів коригуючих пристроїв за допомогою параметричної оптимізації.</p> <p><b>Практичне заняття 4.</b> Крокове реагування системи дискретного часу і вплив вибору часу на реакцію системи.</p>	<p>2</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>2</p>

9-10	<b>Лекція 9.</b> Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами. Параметрична оптимізація системи з об'єктом управління третього порядку.	2
	<b>Практичне заняття 5.</b> Визначення крокової відповіді цифрової системи в залежності від зміни параметрів керування.	2
	<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
	<b>Лабораторна робота 2.</b> Визначення структури й параметрів цифрового регулятора системи управління швидкістю електропривода постійного струму.	4
	<b>Модульна контрольна робота 1.</b>	2
11-12	<b>Лекція 11.</b> Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів. Синтез цифрових регуляторів.	2
	<b>Лекція 12.</b> Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів. Функціональна схема системи підлеглого регулювання електроприводом постійного струму з одною пружно-в'язкою ланкою.	2
	<b>Практичне заняття 6.</b> Вплив нелінійностей на систему управління зі зворотним зв'язком 2-го порядку.	2
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.	2
	<b>Практичне заняття 7.</b> Параметрична оптимізація для системи управління технічним об'єктом.	2
15-16	<b>Лекція 15.</b> Тема 3.1. Використання ланок із запізненням та типових регуляторів в оптимальних системах керування. Побудова структурної схеми системи з ПД-регулятором струму та ПІ-регулятором швидкості. Визначення передавальної функції замкненої системи. Реалізація цифрового ПД-регулятора на основі Z-форм.	2
	<b>Лабораторна робота 3.</b> Налаштування цифрової системи управління рухом.	6
	<b>Лекція 16.</b> Тема 3.2. Цифрове управління електроприводом. Цифрове моделювання модифікованої системи підлеглого регулювання електроприводом. Представлення структурної схеми електродвигуна двома послідовними аперіодичними ланками 1-го порядку за допомогою зворотного зв'язку за	2

	струмом. Створення загальної структурної схеми модифікованої системи. <b>Практичне заняття 8.</b> Параметрична оптимізація для системи управління об'єктом другого порядку з коригуючим пристроєм.	2
17-18	<b>Лекція 17.</b> Тема 3.2. Цифрове управління електроприводом. Реалізація цифрової моделі модифікованої системи управління електроприводом. Визначення дискретних передавальних ланок. Побудова структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання. Цифрове моделювання комбінованої за задавальним впливом системи управління ЕСМ.	2
	<b>Лабораторна робота 4.</b> Гідравлічний привід з цифровим контролером положення.	4
	<b>Лекція 18.</b> Тема 3.2. Цифрове управління електроприводом. Визначення передавальної функції прямої передачі керуючого впливу та представлення його в цифровій формі за допомогою Z-перетворення. Побудова структурної схеми алгоритму функціонування комбінованої системи керування. Використання цифрового ПІД-регулятора в прямому каналі. <b>Практичне заняття 9.</b> Параметрична оптимізація системи з об'єктом управління третього порядку.	2

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Тема 1.1. Теоретичні основи побудови цифрових систем управління. Перетворення безперервних сигналів в дискретні, способи квантування. Література: [1-10]	1
2	Тема 1.2. Дискретизація безперервних систем на основі Z-перетворення та Z-форм. Цифрове управління об'єктами першого порядку з використанням ПВЗ. Література: [1-10]	1
3	Тема 2.1. Цифрове управління розімкненими та замкнутими системами. Побудова структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання, використовуючи схему в змінних стану. Література: [1-10]	1
4	Тема 2.2. Реалізація цифрових регуляторів. Побудова структурної схеми механічної частини електроприводу для визначення частот власних коливань системи. Література: [1-10]	1
5	Тема 3.1. Використання ланок із запізненням та типових регуляторів в оптимальних системах керування. Формування ступінчастої зміни рушійного моменту за періодом власних коливань пружної системи.	1
6	Тема 3.2. Цифрове управління електроприводом. Створення загальної структурної схеми модифікованої системи. Література: [1-10]	1

## Політика та контроль

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

Політика навчальної дисципліни «Цифрові системи керування електротехнічними комплексами» заснована на політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою

формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і добросовісність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Цифрові системи керування електротехнічними комплексами» потребує: підготовки до практичних занять; виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у практичних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття вмінь та навичок працювання з системами комп'ютерної математики. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на практичних заняттях (9 занять);
- роботу на лабораторних заняттях (4 лабораторні);
- виконання розрахункової роботи;
- написання модульної контрольної роботи.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Виконання практичних робіт:

- бездоганна робота – 4 бали;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 3-2 бал;
- відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –1 бал.

2.2. Виконання лабораторних робіт:

- бездоганна робота – 4 бали;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 3-2 бал;
- відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –1 бал.

2.3. Виконання розрахункової роботи:

- творча робота – 15 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 14-13 балів;
- роботу виконано з певними помилками –12 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

2.4. Виконання модульної контрольної роботи:

- бездоганна робота – 10 бали;



- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 8-5 бал;
- відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –1 бал.

За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується штрафний –1 бал (усього не менше –5 балів).

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 10 балів та виконання всіх практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 27 балів, виконання всіх практичних робіт (на час атестації) та зарахування розрахункової роботи.

4. Умовою допуску до іспиту є зарахування всіх практичних робіт, розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше 45 балів.

5. На іспиті студенти виконують тестове завдання. Перелік запитань наведений у Рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Тестове завдання оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 20 балів;

- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 19 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 65% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 18 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 17 балів;

- «достатньо», неповна відповідь, менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 16-15 балів;

- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума стартових балів та балів за тестове завдання на заліку переводиться до кінцевої оцінки згідно з таблицею:

Метод оцінювання	Кількість	Мінімальна оцінка в балах	Максимальна оцінка в балах
Практичні роботи	9	18	36
Лабораторні роботи	5	10	20
Модульна контрольна робота	1	5	10
Розрахункова робота	1	12	14
Стартовий рейтинг	1	45	80
Іспит	1	15	20
Підсумковий рейтинг	<b>залік</b>	60	100

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)

Рекомендації щодо виконання індивідуального семестрового завдання



Вивчення кредитного модуля «Цифрові системи керування електротехнічними комплексами» передбачає виконання студентами розрахунково-графічної роботи.

## ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

Визначити структуру й параметри цифрового регулятора (ЦР) для заданого об'єкта управління, оцінити статичну помилку замкненої системи та дослідити на комп'ютері перехідний процес.

Порядок виконання завдання:

1. Представити передатну функцію у дискретній формі .
2. Визначити передатну функцію цифрового регулятора (ЦР) .
3. Прирівняти чисельник передатної функції регулятора до знаменника передатної функції об'єкта й знайти коефіцієнти регулятора.
4. Визначити передатну функцію замкненої системи й оцінити статичну помилку.
5. Скласти структурну схему алгоритму дослідження цифрової моделі й дослідити на комп'ютері перехідний процес для заданого вхідного впливу.
6. Для перевірки виконати комп'ютерне моделювання в системі Matlab- Simulink цифрової аналогової системи керування.

### **Питання для іспиту з навчальної дисципліни «Цифрові системи керування електротехнічними комплексами».**

1. Наведіть 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 різницеве рівняння, що описує вільне і вимушений рух цифрової керованої системи.
6. Описати статичну характеристику перетворювача аналог-код цифрової 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 різностного.
14. Навести основні методи побудови дискретних моделей об'єктів управління.
15. Навести використання графіка перехідного процесу об'єкта для побудови його дискретно-збігається 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 ПІД - 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 узагальненої дисперсією.
28. Визначити методику оптимізації цифрових систем управління методом Грама-Шмідта.
29. Імітаційне моделювання стохастичного об'єкта управління.
30. Імітаційне моделювання цифрової керованої системи.
31. Визначити залежність якості управління цифрових систем від величин інтервалу квантування за рівнем і часу.

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

**Складено:** доцент кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами, к.т.н., доцент, Босак Алла Василівна

**Ухвалено:** кафедрою АУЕК (протокол № 17 від 17.06.20 р.)

**Погоджено:** Методичною комісією факультету<sup>3</sup> (протокол №8 від 23.06.20 р.)

---

<sup>3</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.