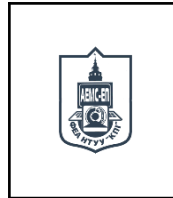




Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра автоматизації  
електромеханічних  
систем та  
електроприводу  
ФЕА

# ЦИФРОВЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

## 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>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність (Electromechanical automation systems, electric drive and electric mobility)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?g=b404f1a4-6345-40d5-b389-5d2121433a6a">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?g=b404f1a4-6345-40d5-b389-5d2121433a6a</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор, Толочко Ольга Іванівна, тел. 0994945473 Лабораторні: д.т.н., професор, Толочко Ольга Іванівна, тел. 0994945473;</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom <a href="https://classroom.google.com/c/MzgxNzc4OTcxMDYy">https://classroom.google.com/c/MzgxNzc4OTcxMDYy</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Цифрове керування електромеханічними системами» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів наступних здатностей:** : (K01) Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K03) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (K04) Здатність спілкуватися іноземною мовою; (K05) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K06) Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K08) Здатність працювати автономно; (K11) Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (K22) Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки; (K22)

Здатність використовувати математичні методи та методи теорії автоматичного керування при дослідженні лінійних та нелінійних систем, проводити аналіз показників якості, синтезувати П, ПД, ПІ, ПІД та інші регулятори, скласти та аналізувати структурні схеми систем автоматичного керування; (K23) Здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів; (K24) Здатність вирішувати комплексні задачі логічного синтезу, що пов'язані із роботою дискретних систем автоматизації та мікропроцесорних пристроїв.

**Предмет навчальної дисципліни** – аналіз та синтез цифрових систем керування електромеханічними об'єктами з використанням сучасного програмного забезпечення: особливості та математичний апарат дослідження цифрових систем; дискретні передавальні функції; побудова частотних характеристик; перевірка цифрових систем на стійкість; дискретна апроксимація неперервних систем автоматичного керування; синтез цифрових пристроїв керування на базі їх аналогових прототипів.

**Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна:**

(ПР06) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності;

(ПР08) Обирати і застосовувати додатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; (ПР10)

Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПР11) Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань; (ПР18) Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням; (ПР20) Знати і розуміти принципи керування лінійними, нелінійними та дискретними системами автоматичного керування; математичних методів в електромеханіці; (ПР26) Знати і розуміти закони перетворення структурних схем, типові закони керування, методи дослідження стійкості лінійних систем автоматичного керування; типові бібліотеки блоків Simulink, основи програмування у m-файлах.

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

Дисципліна "Цифрові систем керування електромеханічними системами" потребує знань з попередньо вивчених дисциплін "Вища математика", "Обчислювальна техніка та програмування", «Математичні методи в електромеханіці», "Теорія автоматичного керування", "Теоретичні основи електротехніки" та «Технічна механіка». Дисципліна "Цифрові систем керування електромеханічними системами" забезпечує студентам вивчення дисциплін "Математичне моделювання електромеханічних систем", «Автоматизований електропривод», «Керування електроприводами», «Системи оптимального та інтелектуального керування» виконання курсових робіт і комп'ютерних практикумів з відповідних дисциплін та математичне моделювання досліджуваної системи електроприводу при виконанні бакалаврського проекту.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна структурно складається з 8 тем, а саме

- 1. Знайомство з особливостями дискретних систем автоматичного керування, до яких відносяться квантування за часом, квантування за рівнем, запізнювання, екстраполяція та модуляція.**

2. *Математичний апарат аналізу та синтезу цифрових систем автоматичного керування, де дається інформація про решітчасту функцію та її різниці, різницеві рівняння та їх зв'язок з дискретними передавальними функціями, дискретне перетворення Лапласа і його властивості, математичний опис у просторі станів..*
3. *Передавальні функції цифрових САК та основні правила структурних перетворень.*
4. *Частотні та псевдочастотні характеристики цифрових САК.*
5. *Стійкість цифрових САК та методи її визначення, серед яких розглянуто аналоги кореневого критерію, критеріїв Михайлова та Гурвіца.*
6. *Дискретна апроксимація неперервних динамічних об'єктів, де розглянуті та порівняні між собою точні та підстановочні методи.*
7. *Синтез цифрових пристроїв керування на базі їх аналогових прототипів* , де на прикладі системи підпорядкованого регулювання швидкості двигуна постійного струму розглянуто питання дискретизації ПІ-регулятора швидкості з обмеженням вихідного сигналу, задатчика інтенсивності та фільтра на виході задатчика інтенсивності

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основні інформаційні ресурси:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. Київ: «Либідь», 2007. – 656 с.
2. Коцегуб П.Х. Теория импульсных электромеханических систем. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 262 с.
3. Толочко О.І. Моделювання та аналіз електромеханічних систем в MATLAB: методичні вказівки до лабораторних робіт. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 235 с.
4. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в Simulink: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: ВД «Стилос», 2008. – 528 с.
5. Helmut Bode. MATLAB-SIMULINK. Analyse und Simulation dynamischer Systeme. – Wiesbaden: V.G.Teubner Verlag, 2006. – 301 S.

##### Додаткові:

6. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребен, М.Э. Сальгадо. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.
7. Лазарев Ю.Ф. MatLab 5.x. – К.: Издательская группа BHV, 2000. – 384 с.
8. Wolf Dieter Pietruszka. MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis. Modellbildung, Berechnung und Simulation. – Wiesbaden: V. G.Teubner Verlag, 2006. – 402 S.

#### 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	<p><b>Вступ</b></p> <p>Мета та задачі дисципліни; класифікація замкнених систем автоматичного керування; історія розвитку; порівняльний аналіз аналогових та цифрових систем керування.</p> <p>Література: [1], с. 7-28.</p>

	<p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Знайомство з демонстраціями Simulink</i></p> <p><i>Література: [2], с. 5-34.</i></p>
2	<p><b>Тема 1. Знайомство з особливостями дискретних систем автоматичного керування.</b></p> <p><i>Квантування за часом; квантування за рівнем; запізнювання; екстраполяція нульового та першого порядків; амплітудно- імпульсна, широтно-імпульсна та фазо- імпульсна модуляція.</i></p> <p><i>Література: [1], с. 54-85; [3], с. 85-95.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи. Придбання навичок роботи з блоками бібліотеки Discrete програми Simulink.</i></p>
3	<p><b>Тема 2. Математичний апарат аналізу та синтезу цифрових систем автоматичного керування.</b></p> <p><i>Решітчаста функція; прямі різниці та їх зв'язок з похідними; різницеві рівняння та їх зв'язок з дискретними передавальними функціями; дискретне перетворення Лапласа і його властивості; математичний опис у просторі станів.</i></p> <p><i>Література: [1], с. 115-142, ; [3], с. 40-56, 124-132.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи. Придбання навичок побудови структурних цифрових моделей.</i></p>
4	<p><b>Тема 3. Передавальні функції цифрових САК та основні правила структурних перетворень.</b></p> <p><i>Визначення дискретної передавальної функції; передавальні функції екстраполаторів; еквівалентні структурні перетворення лінійних імпульсних систем; їх відмінність від еквівалентних перетворень неперервних систем.</i></p> <p><i>Література: [1], с. 86-102; [3], с. 27-39, 113-122.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи. Придбання навичок структурних перетворень у середовищі пакету MATLAB.</i></p>
5	<p><b>Тема 4. Частотні та псевдочастотні характеристики цифрових САК.</b></p> <p><i>Визначення частотної характеристики цифрової САК та її властивості; теорема Котельникова (Найквіста-Шенона); псевдочастотні характеристики цифрової САК.</i></p> <p><i>Література: [1], с. 176-183, 190-208.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи. Придбання навичок побудови частотних та псевдочастотних характеристик у середовищі пакету MATLAB.</i></p>
6	<p><b>Тема 5. Стійкість цифрових САК.</b></p> <p><i>Визначення стійкості за розташуванням дискретних полюсів цифрової САК на комплексній площині. Дискретні аналоги критеріїв Гурвіца, Михайлова та Найквіста.</i></p> <p><i>Література: [1], с. 184-186.</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи.</i></p>
7	<p><b>Тема 6. Дискретна апроксимація неперервних динамічних об'єктів.</b></p> <p><i>Класифікація методів. Дискретизація методами імпульсно-інваріантних, ступінчато-інваріантних та лінійно-інваріантних Z-перетворень; підстановочні методи дискретизації (методи Ейлера та метод Тастіна) і їх порівняльний аналіз;</i></p>



	<p>метод відповідності нулів-полісів; дискретизація неперервних об'єктів у середовищі пакету MATLAB.</p> <p>Література: [1], с. 187-189.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи.</p>
8	<p><b>Тема 7. Синтез цифрових пристроїв керування на базі їх аналогових прототипів.</b></p> <p>Постановка задачі. Синтез аналогової системи підпорядкованого регулювання швидкості на прикладі системи підпорядкованого регулювання швидкості двигуна постійного струму та дискретизація неперервних пристроїв керування: ПІ-регулятора швидкості з обмеженням вихідного сигналу, задатчика інтенсивності; фільтра на виході задатчика інтенсивності; вибір такту квантування та врахування його при параметричному синтезі дискретних пристроїв керування.</p> <p>Література: [1], с.191-215; [2], с.81-88.</p> <p>Завдання на СРС. Проробка лекційного матеріалу. Оформлення звіту з лабораторної роботи.</p>

### **Лабораторні роботи**

Основною метою циклу лабораторних занять є оволодіння навичками математичного моделювання, аналізу та синтезу цифрових систем в середовищі пакету MATLAB.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Знайомство з блоками бібліотеки Discrete програми Simulink	2
2	Дослідження цифрового інтегратора	2
3	Дослідження екстраполяторів та ланок запізнення	2
4	Аналіз лінійних динамічних цифрових ланок з різними способами математичного опису	2
5	Визначення математичного опису дискретних САК у середовищі пакету MATLAB	2
6	Побудова частотних та псевдо-частотних характеристик дискретних САК	4
7	Дослідження цифрових САК на стійкість	2
8	Дискретизація неперервних динамічних ланок методами Z-перетворень	2
9	Дискретизація неперервних динамічних ланок підстановочними методами	4
10	Дискретизація неперервних динамічних ланок методом відповідності нулів-полісів	4

11	Синтез та моделювання цифрового задатчика інтенсивності	2
12	Синтез та моделювання цифрового фільтра на виході задатчика інтенсивності	2
13	Синтез та моделювання цифрового ПІ-регулятора швидкості з обмеженням вихідного сигналу	2
14	Дослідження цифро-аналогової системи підпорядкованого регулювання швидкості двигуна постійного струму	2
15	Дослідження впливу періоду квантування на якість перехідних процесів цифрових та цифро-аналогових САК	2
	Разом	36

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що вноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Знайомство з демонстраціями Simulink	6
2	Підготовка до лабораторних робіт	9
3	Оформлення звітів з лабораторних робіт та відповідей на контрольні запитання	27
4	Підготовка до МКР та до заліку	6

## 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;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явиться на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- 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 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 несвоєчасний захист лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: 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 зі 100 балів, які він отримує за:

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

### Система рейтингових балів

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

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 (рлаб):

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 1 балів;
- несамотійна робота (копіювання програм і звітів) – 0 балів.

Своєчасним представленням звіту з виконаної лабораторної роботи вважається подання його не пізніше, ніж за 2 дні до наступного лабораторного заняття.

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

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 ( $r_{л}+r_{лаб}+r_{м}$ ). 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 ( $r_p$ ), 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 бали;
- «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. З яких елементів складаються дискретні САК?
2. Які ефекти відрізняють дискретну САК від неперервної?
3. Що таке ідеальний імпульсний елемент? Яка функція утворюється на його виході?

4. У чому полягає ефект квантування за рівнем? Який параметр його характеризує? Від чого він залежить? Коли ним можна знехтувати? Який Simulink-блок здійснює квантування за рівнем?
5. Чим зумовлений ефект запізнення цифрових пристроїв? Коли його можна не враховувати?
6. Що таке екстраполяція? Екстраполяція якого порядку властива цифровим процесорам? Яка різниця між екстраполяторами нульового та першого порядків? Які Simulink-блоки їх реалізують?
7. Які спільні властивості мають усі Simulink-блоки бібліотеки Discrete?
8. Які типи модуляції сигналів застосовують у цифрових САК?
9. Перелічіть переваги і недоліки цифрових систем керування у порівнянні з неперервними.
10. Що таке решітчаста функція? Що таке скінчені різниці?
11. Якими рівняннями описуються дискретні системи у часі?
12. Як можна скласти різницеве рівняння з відповідного диференціального рівняння?
13. Який зв'язок між дискретним оператором та оператором Лапласа?
14. Як отримати дискретну передавальну функцію з різницевого рівняння?
15. Сформулюйте умову стійкості дискретної САК.
16. Що таке дискретне перетворення Лапласа? Які властивості воно має?
17. Що таке Z-перетворення? Чим воно відрізняється від дискретного перетворення Лапласа?
18. Напишіть Z-перетворення одиничної, лінійної, параболічної та експоненціальної решітчастих функцій.
19. Що таке зворотне Z-перетворення? Чи є воно однозначним? Якщо ні, то чому?
20. Напишіть передавальну функцію екстраполятора нульового порядку.
21. Як визначити ДПФ цифрової системи з фіксатором нульового порядку із передавальної функції її неперервної частини?
22. Які правила структурних перетворень цифрових систем Ви знаєте? У чому полягає основна відмінність структурних перетворень неперервних та дискретних систем?
23. Поясніть різницю між методами чисельного інтегрування.
24. Яка MATLAB-функція може визначити дискретну апроксимацію неперервної передавальної функції при застосуванні екстраполятора нульового порядку?
25. Які MATLAB-функції здійснюють пряме та зворотне неперервне перетворення Лапласа та пряме і зворотне Z-перетворення у символьній формі?
26. Як у символьній формі перетворити неперервну функцію часу у дискретну?
27. Як визначити у символьній формі перехідну функцію неперервної системи з її передавальної функції?
28. Як визначити у символьній формі ДПФ цифрової системи з дискретної перехідної функції?
29. Перелічіть основні властивості АЧХ і ФЧХ імпульсних систем.
30. Що таке частота Найквіста? Що вона визначає? Від чого залежить?
31. Сформулюйте теорему Котельнікова.
32. З яким запасом зазвичай обирають такт квантування цифрової САК?
33. Де повинні розташовуватися полюси стійкої дискретної САК на комплексній площині?
34. З якого перетворення дискретної передавальної функції формують матрицю Гурвіца? Для систем якого порядку зазвичай застосовують критерій Гурвіца?
35. Як побудувати годограф Найквіста для дискретних систем за їх ДПФ?
36. Перелічіть основні властивості АЧХ і ФЧХ імпульсних систем.
37. Назвіть 2 шляхи синтезу цифрових пристроїв керування неперервними об'єктами.
38. Сформулюйте задачу дискретної апроксимації неперервних динамічних об'єктів.

39. Які способи перетворення неперервних об'єктів у дискретні називають точними? Перелічіть їх види. Чим вони відрізняються один від одного?
40. Напишіть формули імпульсно-інваріантного, ступінчасто-інваріантного та лінійно-інваріантного Z-перетворень. Сформулюйте рекомендації щодо їхнього застосування.
41. Які способи перетворення неперервних об'єктів у дискретні називають приблизними? Перелічіть їх види.
42. Виведіть передавальні функції дискретних інтеграторів першого порядку.
43. Наведіть деталізовані структурні схеми дискретних інтеграторів першого порядку.
44. Перелічіть підстановочні методи дискретної апроксимації. Напишіть формули підстановок.
45. Яке підстановочне перетворення не гарантує стійкість цифрової ланки при перетворенні стійкого неперервного об'єкту.
46. Як пов'язане запізнення реакції дискретної ланки на вхідний сигнал з кількістю нулів та полюсів ДПФ?
47. Що таке нулі дискретизації та системні нулі? Як визначити системні нулі та їх кількість?
48. Які програмні засоби пакету MATLAB, призначені для дискретної апроксимації неперервних ланок у числовому вигляді Ви знаєте? Наведіть приклади.
49. Які програмні засоби пакету MATLAB, призначені для дискретної апроксимації неперервних ланок у символічній формі Ви знаєте? Наведіть приклади.
50. Як здійснюють дискретизацію ПІ-РШ та обмеження його вихідного сигналу?
51. За якими формулами здійснюють коригування сталих часу ПІ-РШ, щоб врахувати вплив ефекту квантування за часом на якість перехідних процесів?
52. Виведіть ДПФ цифрового датчика швидкості, що вимірює середнє на такті квантування значення швидкості? Як врахувати вплив такого датчика на якість перехідних процесів при параметричному синтезі цифрового РШ?
53. Як позбавитися від алгебраїчного контуру при цифровій реалізації задатчика інтенсивності?
54. Якими методами можна виконати дискретизацію аперіодичної ланки на виході задатчика інтенсивності?

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

**складено** професором кафедри автоматизації електромеханічних систем і електроприводу,  
д.т.н. Толочко О.І.

**Ухвалено** кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 6 від 28.12.2022)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол №5 від 26.01.2023 р.)