

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Радіотехніка та телекомунікації»  
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Перший проректор  
Гугнін Е.А.



2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ППВ 09 Радіоавтоматика**

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки  
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій  
(найменування факультету)

мова навчання Українська

Робоча програма з дисципліни «**Радіоавтоматика**» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка».  
(назва освітньої програми (спеціалізації))  
«    »                     , 20   року –      с.

Розробники:

**Кабак Владислав Семенович**, доцент кафедри Радіотехніки та телекомунікацій, к.т.н., доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та телекомунікацій

Протокол від « 23 » червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій  
(найменування кафедри)

« 23 » червня 2020 року  (Морщавка С.В.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

« 27 » серпня 2020 року Голова  (Кабак В.С.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ 2020 рік

## 1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 8		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____. <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 150		7-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	<b>Лекції</b>	
		30 год.	6 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		30 год.	6 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		90 год.	138 год.
<b>Індивідуальні завдання:</b>			
Вид контролю: іспит			

### Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60/90;

для заочної форми навчання – 12/138.

## 2 Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета.** Метою вивчення дисципліни є формування у студентів знань, навиків та умінь, які дозволять їм проводити аналіз, синтез і здійснювати проектування систем радіоавтоматики різного призначення та використовувати їх для створення більш складних радіоелектронних засобів як складових сучасних телекомунікаційних засобів.

Дисципліна «**Радіоавтоматика**» є логічним продовженням курсів «Теорія електричних кіл та сигналів», «Сигнали та процеси в радіотехніці», «Основи схемотехніки», «Системи сучасних сигналів», «Пристрої прийому та обробки радіосигналів», «Пристрої генерації, передавання та формування радіосигналів», «Обчислювальна техніка та мікропроцесори» і є однією з підсумкових технічних дисциплін у навчальному плані спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», які завершують базову теоретичну та інженерну підготовку бакалаврів.

У процесі опанування дисципліни "**Радіоавтоматика**" студенти, на підставі отриманих знань з фундаментальних понять теорії електричних кіл та сигналів, базових положень аналогової та цифрової схемотехніки знайомляться з видами, архітектурою і принципами побудови систем радіоавтоматики, які базуються на основних засадах теорії систем автоматичного управління, особливостями статичних і астатичних систем, методами аналізу систем радіоавтоматики у часовій і частотній областях, показниками якості систем радіоавтоматики, алгоритмами обробки сигналів і принципами апаратної реалізації функціонально необхідних вузлів систем автоматичного управління (частотні, фазові, часові і кутові дискримінатори, пристрої порівняння, фільтри нижніх частот) та іншими аспектами системотехніки, які використовуються у сучасних засобах телекомунікацій.

**Завдання.** Задачею дисципліни "**Радіоавтоматика**" є ознайомлення студентів з функціональними схемами і принципом дії систем радіоавтоматики, з основними показниками якості роботи системи регулювання, навчання студентів сучасним методам аналізу, синтезу і схемотехнічного проектування систем радіоавтоматики з використанням електронно-обчислювальної техніки

Вивчення дисципліни має прищепити студентам системний підхід до побудови систем автоматичного управління, що входять до складу радіотехнічних систем різного призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати **загальні компетенції:**

- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-5);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- здатність планувати та управляти часом (ЗК-3);
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК-8);

### **фахові компетенції:**

- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації) (ПК-3);
- здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (ПК-4);
- здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПК-6);
- готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів (ПК-8);
- здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ПК-10);
- готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики інвестиційного(або іншого ) проекту засобів телекомунікацій та радіотехніки (ПК-14);
- здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ПК-15).

### **Очікувані програмні результати навчання**

Результати вивчення дисципліни деталізують наступні програмні результати:

- аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);
- пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією (РН-4);
- навички оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних (РН-5);
- адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (РН-6);
- грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки (РН-7);
- описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці (РН-8);
- спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською) (РН-10);
- застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки

процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13);

– знаходити, оцінювати і використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18):

– **знання** теорій та методів фундаментальних та загальноосвітніх наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

– **вміння** застосовувати базові знання основних нормативно – правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій;

– **вміння** застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

– **здатність** брати участь у створенні прикладного програмного забезпечення для елементів (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

– **вміння** проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т. ч. створених самостійно;

– **вміння** проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізуючи існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо;

– **вміння** діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

– **вміння** використовувати системи моделювання та автоматизації схемотехнічного проектування для розроблення елементів, вузлів, блоків радіотехнічних та телекомунікаційних систем;

– **здатність** до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів;

– **вміння** здійснювати постановку та проведення експериментів по заданій методиці;

– **здатність** проводити аналіз результатів експериментів, здійснювати вибір оптимальних рішень, готувати і складати огляди, звіти та наукові публікації;

– **здатність** до критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та складних ідей;

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

– **знати** основні принципи побудови систем автоматичного управління;

– **знати** принцип дії та функціональні схеми класичних систем радіоавтоматики;

- **знати** методи аналізу неперервних систем радіоавтоматики;
- **знати** основні види передавальних функцій систем радіоавтоматики і зв'язок між ними;
- **знати** схемотехнічні аспекти реалізації функціонально необхідних вузлів систем радіоавтоматики;
- **знати** методи аналізу дискретних систем радіоавтоматики;
- **знати** критерії стійкості систем радіоавтоматики;
- **знати** методи аналізу якості систем радіоавтоматики;
- **знати** методи синтезу систем радіоавтоматики при випадкових збуджуючих діях;
- **знати** методи аналізу нелінійних систем радіоавтоматики;
- **знати** принципи побудови оптимальних та адаптивних систем;
- **вміти** моделювати системи радіоавтоматики за допомогою електронно-обчислювальної техніки;
- **вміти** проектувати системи радіоавтоматики;
- **вміти** аналізувати та проектувати інформаційні мережі з урахуванням аналізу специфіки діяльності підприємства, використовуючи методологічні принципи оптимального планування і програмні продукти професійного проектування.

### **3 Програма навчальної дисципліни**

#### **3.1 Модуль 1**

##### **Змістовий модуль 1. Задачі систем РА**

###### **Тема 1. Вступ**

Предмет, задачі та зміст дисципліни. Загальні відомості про системи радіоавтоматики. Місце систем РА у сучасній техніці, зв'язок з системами автоматичного управління. Значення курсу при підготовці радіоінженерів, зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану. Стисла історія розвитку систем автоматичного управління.

- лекцій – 0,5 годин;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [1] с. 8-9, [2] с. 6-9, [3] с. 9-13, [4] с. 5-7, [5] с. 4-6, [6] с. 4-6.

###### **Тема 2. Класифікація систем радіоавтоматики**

Класифікація систем радіоавтоматики за принципом управління. Системи з керуванням за помилкою і за збуджуючою дією. Класифікація систем РА за параметром радіосигналу, що відстежується (фаза, частота, часовий зсув, напрямок приходу радіосигналу і т. і.), за характером динамічних процесів (неперервні або дискретні, лінійні та нелінійні, стаціонарні або нестаціонарні системи), за характером збуджуючої дії (константа, детермінована або випадкова функція часу).

- лекцій – 0,5 години;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 10-13, [2] с. 9-11, [3] с. 4-6, [4] с. 7-10, 26-27, [5] с. 6-9; [6] с. 7-13.

## **Змістовий модуль 2. Функціональні і структурні схеми систем РА**

### **Тема 3. Системи частотного автопідстроювання (ЧАП)**

Застосування системи ЧАП. Система ЧАП для стабілізації проміжної частоти супергетеродинного приймача. Математичний опис системи ЧАП. Поняття про структурні схеми радіоавтоматики. Структурна схема ЧАП. Помилка статичної системи ЧАП. Поняття астатизму. Система ЧАП з астатизмом першого порядку. Комбінована система ЧАП. Система ЧАП з астатизмом другого порядку. Помилки астатичних систем ЧАП.

- лекцій – 2 години;
- лабораторні роботи – 4 години;
- самостійна робота – 5 години.

Література: [2] с. 25-27, [3] с. 19-32, [4] с. 10-12, [5] с. 9-16 [6], с. 17-19.

### **Тема 4. Системи фазового автопідстроювання (ФАП)**

Застосування системи ФАП. Система ФАПЧ для стабілізації проміжної частоти супергетеродинного приймача. Математичний опис системи ФАПЧ. Структурна схема ФАПЧ. Система ФАПЧ з астатизмом першого порядку. Комбінована система ФАПЧ з астатизмом другого порядку. Помилки астатичних систем ФАП. Застосування ФАПЧ для демодуляції АМ і ЧМ коливань. Перемноження частоти із застосуванням ФАПЧ. Синтезатори частоти непрямого синтезу на базі ФАПЧ. Застосування ФАП у ФАР.

- лекцій – 2 години;
- лабораторні роботи – 4 години;
- самостійна робота – 6 годин.

Література: [2] с. 27-30, [4] с. 12-14, [5] с. 19-32, [6] с. 17-19.

### **Тема 5. Системи автоматичного супроводження за віддаллю (АСВ)**

Радіолокаційний приймач імпульсних некогерентних сигналів із застосуванням АСВ. Часовий автоселектор як неперервна система регулювання. Структурна схема часового автоселектора. Часовий автоселектор як вимірювач відстані. Різновиди часових автоселекторів.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 5 години.

Література: [2] с. 34-37, [3] с. 28-32, [4] с. 22-24, [5] с. 23-28, [6] с. 16-17.

### **Тема 6. Системи автоматичного супроводження за напрямом (АСН)**

Функціональна схема системи кутового супроводження. Виконуючі пристрої пеленгаторів. Формування пеленгаційної характеристики. Структурна схема системи кутового супроводження. Типи пеленгаторів: моноімпульсний пеленгатор, пеленгатор з конічним скануванням. Узагальнена структурна схема радіоавтоматики.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 5 години.



Література: [2] с. 30-34, [4] с. 14-18, [5] с. 28-33, [6] с. 13-16.

### **Тема 7. Системи автоматичного регулювання підсилення**

Призначення систем АРП. Системи АРП прямого і зворотного регулювання, комбіновані системи. Види АРП за призначенням. Характеристики регулювання системи АРП. Ефективність роботи АРП. Системи АРП із затримкою. Структурна схема системи АРП. Динамічні властивості АРП.

- лекцій – 2 годин;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [2] с. 20-25, [4] с. 18-22, [5] с. 39-44, [9] с. 53-56.

### **Змістовий модуль 3. Дискримінатори в системах РА**

#### **Тема 8. Часові дискримінатори**

Принцип формування сигналу розузгодження для часового дискримінатора. Статистичні та статичні характеристики часового дискримінатора. Залежність форми дискримінаційної характеристики від співвідношення між тривалостями зондуючого і слідкуючих імпульсів. Часовий дискримінатор як ключ з двома накопичувальними ємностями. Визначення коефіцієнта передачі і сталої часу дискримінатора.

- лекцій – 1 година;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [2] с. 50-51, [3] с. 72-81, [4] с. 45-46, [5] с. 75-79, [6] с. 68-70.

#### **Тема 9. Кутові дискримінатори**

Моноімпульсні пеленгатори. Амплітудний сумарно-різницевий пеленгатор. Кутовий дискримінатор з одночасним порівнянням сигналів. Пеленгатор з кінцевим скануванням. Кутовий дискримінатор з послідовним порівнянням сигналів.

- лекцій – 1 години;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [2] с. 46-50, [3] с. 72-81, [4] с. 41-46, [5] с. 67-75, [6] с. 63-68.

#### **Тема 10. Фазові дискримінатори (ФД)**

Статистичні та статичні характеристики ФД. Балансний ФД. Комутаторний ФД. ФД на підставі перемножувачів сигналів. Імпульсно-фазові детектори. ІФД типу вибірка – зберігання. Частотно-фазовий детектор.

- лекцій – 0,5 години;
- лабораторні роботи – 4 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [2] с. 42-44, [1] с. 37-39, [2] с. 49-56, [3] с. 60-63.

#### **Тема 11. Частотні дискримінатори (ЧД)**

Статистичні та статичні характеристики ЧД. ЧД з двома розстроєними контурами. ЧД з фазовим детектуванням. Дробовий ЧД. ЧД на інтегральних мікросхемах. Частотно-імпульсні ЧД, ЧД на підставі компаратора.

- лекцій – 0,5 години;

– лабораторні роботи – 4 години;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [2] с. 44-46 [4] с. 39-41, [5] с. 56-66, [6] с. 58-60.

### **3.2 Модуль 2**

#### **Змістовий модуль 4. Математичні методи аналізу лінійних неперервних систем**

##### **Тема 12. Методи аналізу систем РА**

Загальна характеристика методів. Застосування диференціальних рівнянь. Використання апарату передавальних функцій, перехідної та імпульсної функції. Вихідний сигнал системи РА для довільної збуджуючої дії. Комплексний коефіцієнт передачі і частотні характеристики. Логарифмічні частотні характеристики. Взаємний зв'язок методів.

– лекцій – 1,5 години;

– самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 14-33, [2] с. 78-90, [3] с. 39-42, [4] с. 27-35, [5] с. 44-48, [6] с. 19-39.

##### **Тема 13. Види з'єднання елементів систем РА. Основні передавальні функції систем РА**

Види з'єднання динамічних ланок систем РА. Перетворення структурних схем лінійних систем. Правила структурних перетворень. Передавальна функція замкненої системи. Передавальна функція розімкненої системи. Передавальна функція для помилки відносно корисної дії (вхідного сигналу). Передавальна функція помилки відносно завади. Передавальні функції багатоконтурних систем. Визначення параметрів елементів систем. Диференціальні рівняння систем. Передавальні функції статичних і астатичних систем РА.

– лекцій – 1 година;

– самостійна робота – 3 година.

Література: [1] с. 34-47, [2] с. 4-6, [3] с. 4-6, [4] с. 54-63, [5] с. 44-49, [6] с. 39-49.

##### **Тема 14. Типові динамічні ланки радіоавтоматики**

Математичний опис динамічних елементів і систем. Позиційні, інтегруючі й диференціювальні ланки. Передавальні функції, перехідні й імпульсні характеристики, ЛАЧХ і ФЧХ основних динамічних ланок.

– лекцій – 0,5 година;

– лабораторні роботи – 4 години;

– самостійна робота – 4 година.

Література: [1] с. 50-73, [2] с. 4-6, [3] с. 47-56, [4] с. 47-53, [5] с. 84-86, [6] с. 49-57.

##### **Тема 15. Аналіз систем РА у просторі станів**

Векторні диференціальні рівняння систем РА. Векторно-матричний опис лінійних неперервних динамічних елементів і систем. Структурна схема системи РА у векторній формі. Структурна схема системи РА у змінних стану. Матриця переходу. Інтегральні оцінки.

- лекцій – 2 години;
  - самостійна робота – 4 години.
- Література: [1] с. 124-138, [3] с. 57- 66.

## **Змістовий модуль 5. Оцінка якості роботи систем РА**

### **Тема 16. Аналіз стійкості систем РА. Критерії стійкості**

Характеристичне рівняння системи РА. Необхідна умова стійкості. Критерій стійкості Гурвиця. Частотні критерії стійкості Михайлова і Найквіста. Запаси стійкості за підсиленням і за фазою. Визначення межі стійкості. Нейтрально стійкі і умовно стійкі системи. Оцінка стійкості за ЛЧХ і ФЧХ. Стійкість систем із запізненням.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 74-100, [2] с. 90-117, [3] с. 118-140, [4] с. 64-78, [5] с. 79-91, [6] с. 74-84.

### **Тема 17. Показники якості систем радіоавтоматики**

Постанова задачі. Показники якості перехідного процесу. Частотні показники якості. Аналіз точності роботи систем. Статичні, динамічні й перехідні помилки. Помилка регулювання для поліноміальної збуджуючої дії. Помилки за положенням, швидкістю та прискоренням. Визначення коефіцієнтів помилок. Стала помилка для гармонічної дії. Помилки типових систем РА. Середня квадратична помилка. Система з білим шумом на вході.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1] с. 101-131, [2] с. 117-141, [3] с. 140-171, [4] с. 79-95, [5] с. 96-104, [6] с. 85-94

## **Змістовий модуль 6. Цифрові системи РА**

### **Тема 18. Системи перервного регулювання. Системи з кінцевим часом знімання даних і дискретні системи**

Зведення систем із кінцевим часом замикаання ключа до дискретних. Поняття ідеального імпульсного елемента. Математична модель процесу перетворення неперервного сигналу у дискретний.

Математичний опис дискретних систем. Дискретне перетворення Лапласа. Z-перетворення, дискретні послідовності, дискретні передавальні функції, частотні характеристики імпульсних фільтрів, різницеві рівняння.

Аналіз перехідних процесів у дискретних системах РА. Стійкість дискретних систем РА. Оцінка якості управління. Умови еквівалентності дискретних і неперервних систем.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 5 години.

Література: [4] с. 152-184, [3] с. 95- 108, [6] с. 196-219, [7] с. 59-62, 95-108, [10] 7-48.

## **Тема 19. Цифрові системи РА**

Переваги цифрових систем. Методика складання структурних схем. Передавальні функції цифрових систем. Оцінка якості управління. Поняття про методи синтезу цифрових систем і фільтрів РА. Вибір періоду дискретизації. Вибір характеристик АЦП і ЦАП. Шуми квантування.

Методи та засоби аналізу цифрових систем: моделювання на ЕОМ, зведення до лінійних дискретних систем, перехід до еквівалентних неперервних систем.

Приклади реалізації цифрових елементів і систем РА. Цифрові частотні дискримінатори. Цифрові часові дискримінатори. Цифрові фазові дискримінатори. Цифрова система АПЧ. Використання мікропроцесорних комплектів у системах РА.

– лекцій – 2 години;

– самостійна робота – 5 годин.

Література: [4] с. 184-208, [5] с. 231-265, [6] с. 219-233. [10] 72-125.

## **Змістовий модуль 7. Нелінійні системи РА**

**Тема 20. Особливості нелінійних режимів у системах РА і методи їх аналізу**

Основні види нелінійностей притаманні типовим елементам систем РА. Особливості нелінійних режимів у системах РА і методи їх аналізу. Графоаналітичний метод. Області захоплення і утримання. Зрив слідкування. Гармонічна лінеаризація. Основи методу. Лінеаризація типових нелінійностей. Рівняння нелінійної системи. Статистична лінеаризація. Основи методу. Статистична лінеаризація типових нелінійностей. Застосування методу статистичної лінеаризації для аналізу стаціонарних режимів і зриву слідкування.

– лекцій – 1 година;

– самостійна робота – 5 годин.

Література: [4] с. 238-255, [3] с. 108- 112, [5] с. 129-156, [6] с. 147-177.

## **Змістовий модуль 8. Методи підвищення якості систем РА**

**Тема 21. Оптимальні й комплексні системи РА**

Принципи побудови оптимальних систем. Поняття про адаптивні, робастні і екстремальні системи. Адаптивні системи. Самонастроювання за замкненим циклом. Робастні системи. Обмеження динамічної помилки. Екстремальні системи. Способи пошуку екстремуму: із визначенням похідної, із визначенням знаку похідної, крокові, із запам'ятовуванням екстремуму.

– лекцій – 1 година;

– самостійна робота – 5 годин.

Література: [2] с. 141-175, [3] с. 267- 318, [4] с. 262-288, [5] с. 271-279, [6] с. 247-254 [7] с. 237-259.

**Тема 22. Застосування нечітких регуляторів в системах РА**

Поняття нечіткої логіки. Фаззифікація і дефаззифікація. Структурна схема нечіткого регулятора. Застосування нечітких регуляторів в системах ФАПЧ. Застосування нечітких регуляторів в системах автоматичного регулювання потужності.

- лекцій – 2 години;
  - лабораторні роботи – 6 годин;
  - самостійна робота – 5 години.
- Література: [10] с. 10-64.

## 4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р		лк	пр	лб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Задачі систем РА</b>												
Тема 1. Вступ	2,5	0,5				2	2					2
Тема 2. Класифікація систем радіоавтоматики	3,5	0,5				3	5,5	0,5				5
<b>Змістовий модуль 2. Функціональні і структурні схеми систем РА</b>												
Тема 3. Системи частотного автопідстроювання	11	2		4		5	10	1		1		8
Тема 4. Системи фазового автопідстроювання	12	2		4		6	12	1		1		10
Тема 5. Системи автоматичного супроводження за віддаллю (АСВ)	7	2				5	9,5	0,5		1		8
Тема 6. Системи автоматичного супроводження за напрямом (АСН)	7	2				5	8,5	0,5				8
Тема 7. Системи автоматичного регулювання підсилення	8	2		2		4	8,5	0,5				8
<b>Змістовий модуль 3. Дискримінатори в системах РА</b>												
Тема 8. Часові дискримінатори	4	1				3	5					5
Тема 9. Кутові дискримінатори	4	1				3	5					5
Тема 10. Фазові дискримінатори	8,5	0,5		4		4	5					5
Тема 11. Частотні дискримінатори	8,5	0,5		4		4	5					5
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>76</b>	<b>14</b>		<b>18</b>		<b>44</b>	<b>76</b>	<b>4</b>		<b>3</b>		<b>69</b>

<b>Модуль 2</b>												
<b>Змістовий модуль 4. Математичні методи аналізу лінійних неперервних систем</b>												
Тема 12. Методи аналізу систем РА.	4,5	1,5				3	5					5
Тема 13. Види з'єднання елементів систем РА. Основні передавальні функції систем РА	4	1				3	6					6
Тема 14. Типові динамічні ланки радіоавтоматки	8,5	0,5		4		4	7			1		6
Тема 15. Аналіз систем РА у просторі станів	6	2				4	6					6
<b>Змістовий модуль 5. Оцінка якості роботи систем РА</b>												
Тема 16. Постановка задачі стійкості. Критерії стійкості: алгебраїчні і частотні критерії.	6	1		2		3	7			1		6
Тема 17. Показники якості систем радіоавтоматики	6	2				4	6					6
<b>Змістовий модуль 6. Цифрові системи РА</b>												
Тема 18. Системи перервного регулювання.	7	2				5	6					6
Тема 19. Цифрові системи РА	7	2				5	10	2				8
<b>Змістовий модуль 7. Аналіз нелінійних систем РА</b>												
Тема 20. Особливості нелінійних режимів у системах РА і методи їх аналізу	6	1				5	6					6
<b>Змістовий модуль 8. Методи підвищення якості систем РА</b>												
Тема 21. Оптимальні й комплексні системи РА.	6	1				5	6					6
Тема 22. Застосування нечітких регуляторів в системах РА	13	2		6		5	9			1		8
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>74</b>	<b>16</b>		<b>12</b>		<b>46</b>	<b>74</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>69</b>
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>30</b>		<b>30</b>		<b>90</b>	<b>150</b>	<b>6</b>		<b>6</b>		<b>138</b>

## 5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження системи частотного автопідстроювання частоти.	4
2	Дослідження системи фазового автопідстроювання частоти.	4
3	Дослідження системи автоматичного регулювання підсилення	2
4	Дослідження частотних дискримінаторів	4
5	Дослідження фазових та імпульсно-фазових дискримінаторів	4
6	Дослідження стійкості систем РА	2
7	Дослідження характеристик типових динамічних ланок систем РА	4
8	Дослідження системи ФАПЧ на базі нечіткого регулятора	3
9	Дослідження системи автоматичного регулювання потужністю на базі нечіткого регулятора на базі нечіткого регулятора	3
	Разом	30

## 6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	37
2	Підготовка до поточного контролю та іспиту	38
	Разом	75

## 7 Індивідуальні завдання

**Розрахунково-графічні завдання, що виносяться на самостійну роботу.**

Найменування, зміст та варіанти розрахунково-графічних завдань наведені в методичці для самостійної роботи студента:

## 8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях з курсового проектування.



## 9 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і здачі лабораторних робіт, тестування при здачі іспиту).

## 10 Розподіл балів, які отримують студенти

*Приклад для іспиту*

Поточне тестування та самостійна робота												
Змістовий модуль №1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	100
	-	4	6	6	6	6	6	4	4	4	4	
Змістовий модуль №2	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	
	3	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

T1, T2 ... T22 – теми змістових модулів.

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 11 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Радіоавтоматика” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина I / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, – 2021. – 64 с.

2. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Радіоавтоматика” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина II / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, – 2021. – 74 с.

3. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина I / Укл. В.С. Кабак, Г.Ф. Вішник – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, – 2021. – 62 с.

4. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина I / Укл. В.С. Кабак, Г.Ф. Вішник-Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, – 2021. – 62 с.

## **12 Рекомендована література**

### **Базова**

1. Рудик А.В. Радіоавтоматика. Частина I. Лінійні системи радіо автоматики Навчальний посібник [Текст] / А.В. Рудик – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 158 с.
2. Пушкарев В.П. Радіоавтоматика Учебное пособие [Текст] / В.П. Пушкарев, Д.Ю. Пелявин. – Томск: ТУСУР, 2018. – 182 с.
3. Вагапов В.Б. Радіоавтоматика Навчальний посібник [Текст] / В.Б. Вагапов, І.Ю Бурляй., М.О Рюмшин – Київ: Техніка, 2002. – 228 с.
4. Коновалов Г.Ф. Радіоавтоматика Учеб. пособие для вузов [Текст] / Г.Ф. Коновалов – М.: Радио и связь, 1989. – 400 с.
5. Первачев С.В. Радіоавтоматика Учебник для вузов [Текст] / С.В. Первачев – М.: Радио и связь, 1982. – 296 с.
6. Бесекерский В.А. Радіоавтоматика [Текст] / В.А. Бесекерский – М.: Радио и связь, 1997. – 320 с.
7. Кабак В.С. Електронний конспект лекцій [Текст]. [Електронний ресурс] режим доступу: [www.moodle.zp.edu.ua](http://www.moodle.zp.edu.ua).

### **Допоміжна**

8. Кабак В.С. Схемотехніка сучасних синтезаторів частот. Навчальний посібник. [Текст] / В.С. Кабак, С.В. Морщавка. – Запоріжжя, – ЗНТУ, 2016. – 232 с.
9. Бурсова Т.В. Справочник по радіоавтоматике. [Текст] / Т.В. Бурсова, Н.В. Градобоева, М.В. Захарченко и др. – К.: Техніка., 1992. – 246 с.
10. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. [Текст] / В.И. Гостев – К.: “Радіоаматор”, 2008. – 972 с.
11. Рудик А.В. Радіоавтоматика. Частина III. Дискретні та цифрові системи радіоавтоматики [Текст] Навчальний посібник / А.В. Рудик – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 152 с.

## **13 Інформаційні ресурси**

1. [www.moodle.zp.edu.ua](http://www.moodle.zp.edu.ua)
2. [www.zntu.edu.ua](http://www.zntu.edu.ua)
3. [www.rtt.zntu.edu.ua](http://www.rtt.zntu.edu.ua)

## контрольних питань на перший модульний контроль

- 1) Приведіть класифікацію систем РА за принципом управління, за характером задавальної дії, за параметром радіосигналу.
- 2) Приведіть класифікацію систем РА за принципом математичного опису динамічних ланок (лінійні і нелінійні, стаціонарні і нестаціонарні, дискретні і неперервні).
- 3) Використання системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти у супергетеродинних приймачах.
- 4) Структурна схема системи ЧАП.
- 5) Система ЧАП з астатизмом першого порядку.
- 6) Комбінована система ЧАП з астатизмом першого порядку.
- 7) Система ЧАП з астатизмом другого порядку.
- 8) Принцип дії системи ФАП, використання ФАПЧ для стабілізації проміжної частоти у супергетеродинних приймачах.
- 9) Структурна схема системи ФАП.
- 10) Використання ФАПЧ для демодуляції АМ, ЧМ коливань.
- 11) Використання ФАПЧ у синтезаторах частоти.
- 12) Використання ФАП у фазованих антенних решітках.
- 13) Система ФАПЧ з астатизмом другого порядку.
- 14) Функціональна і структурна схеми системи автоматичного супроводження за віддаллю.
- 15) Часовий автоселектор. Принцип вимірювання віддалі.
- 16) Функціональна схема і принцип роботи часового дискримінатора.
- 17) Функціональна і структурна схеми системи автоматичного супроводження за напрямом. Принцип визначення кутових координат.
- 18) Функціональна схема і принцип дії моноімпульсних пеленгаторів.
- 19) Функціональна схема і принцип дії пеленгаторів з конусовим скануванням
- 20) Кутові дискримінатори у системах автоматичного супроводження за напрямом.
- 21) Принцип дії і функціональна схема системи автоматичного регулювання підсилення зі зворотним зв'язком і без зворотного зв'язку.
- 22) Привести узагальнені функціональну і структурну схеми систем РА.
- 23) Принципи лінеаризації рівнянь елементів систем РА.
- 24) Принцип роботи балансного фазового детектора.
- 25) Принцип роботи фазового детектора на підставі диференціального каскаду.
- 26) Принцип роботи комутаторного фазового детектора
- 27) Принцип роботи фазового детектора на підставі детектору збігу.
- 28) Принцип роботи імпульсно-фазового детектора типу “вибірка-зберігання”
- 29) Принцип роботи спускового імпульсно-фазового детектора
- 30) Принцип роботи ІФД перемножуючого типу
- 31) Принцип роботи частотного детектора з фазовим детектуванням.
- 32) Принцип роботи дробового детектора (детектор відношень).
- 33) Принцип роботи частотно-імпульсного ЧД.

- 34) Принцип роботи частотно-фазового детектора.
- 35) Статистичні і статичні характеристики дискримінаторів. Вплив відношення сигнал/шум на характеристики дискримінаторів.

## **ПЕРЕЛІК контрольних питань на другий модульний контроль**

- 36) Як за диференціальним рівнянням системи РА визначити її передавальну функцію.
- 37) Особливості передавальної функції. Мінімально-фазові і немінимально-фазові системи.
- 38) Перехідна характеристика систем РА.
- 39) Імпульсна перехідна характеристика систем РА.
- 40) Комплексний коефіцієнт передачі. Годограф системи РА. Принципи побудови ЛЧХ. Поясніть терміни декада, октава.
- 41) Типові динамічні ланки радіоавтоматики. Приведіть ЛЧХ, ФЧХ і годограф основних типових динамічних ланок.
- 42) Які способи підключення динамічних ланок застосовуються у системах РА. Охарактеризувати кожен з них.
- 43) Для узагальненої структурної схеми визначити передавальні функції розімкненого контуру, замкненого контуру, передавальну функцію помилки.
- 44) Як визначаються передавальні функції у багатоконтурних системах?
- 45) Навести визначення стійкості системи РА з фізичної і математичної точки зору.
- 46) Критерій стійкості Гурвиця.
- 47) Критерій стійкості Михайлова.
- 48) критерій стійкості Найквіста.
- 49) Поясніть терміни частота зрізу і критична частота. Приведіть визначення запасів стійкості з фази і амплітуди.
- 50) Як визначаються запаси стійкості за ЛЧХ і ФЧХ?
- 51) Показники якості перехідного процесу
- 52) Частотні показники якості:
- 53) Аналіз точності роботи систем РА. Статичні, динамічні і перехідні помилки.
- 54) Визначення коефіцієнтів помилки за положенням, швидкістю та прискоренням.
- 55) Помилки типових систем РА.
- 56) Середня квадратична помилка системи.
- 57) Бажана передавальна функція розімкненої системи РА.
- 58) Методи визначення передавальної функції корегуючих пристроїв.
- 59) Робастні системи.
- 60) Аналіз систем РА у просторі станів.
- 61) Інтегральні оцінки систем РА.
- 62) Синтез систем РА при випадкових збуджуючих діях.
- 63) Надати математичну модель узагальненого дискретного сигналу.
- 64) Визначення і основні теореми для Z-перетворення?
- 65) Поясніть принципи визначення дискретних передавальних функцій

імпульсного фільтра

66) Якими способами визначаються перехідні процеси у цифрових системах РА?

67) Поясніть принципи синтезу цифрових систем.

68) Перелічіть методи визначення передавальної функції цифрових корегуючих пристроїв. ПІД-регулятори.

69) Приведіть можливі варіанти структурних схем цифрових фільтрів. Які основні джерела похибок у роботі цифрових фільтрів.

70) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрового часового дискримінатора.

71) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрового частотного дискримінатора.

72) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрового фазового дискримінатора.

73) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрової системи АПЧ.

74) Методу гармонічної лінеаризації нелінійних характеристик.

75) У чому відмінність гармонічної лінеаризації від звичайної?

76) Поясніть сутність статистичної лінеаризації нелінійних характеристик. Як вона проводиться відносно математичного сподівання сигналу та його випадкової складової?

77) Як оцінюється точність системи РА за методом статистичної лінеаризації?

78) Сформулюйте правило оцінки стійкості і параметрів автоколивань.

79) Як оцінюються умови зриву слідування у системах РА?

80) Принципи побудови оптимальних систем.

81) Адаптивні системи.

82) Нечіткі регулятори в системах РА.