

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з навчальної роботи

 Анастолій ПОШУХІН

« _ » _____ 2023 р.



ПРОГРАМА

вступного випробування до аспірантури
зі спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Гарант освітньо-наукової програми

д.т.н., професор

Розробник

д.т.н., професор




Максим ЗАЛІСЬКИЙ

Роман ОДАРЧЕНКО

Київ – 2023



Програма вступного іспиту до аспірантури (PhD докторантури) зі спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» відображає такі розділи теоретичних та практичних основ функціонування радіотехнічних і телекомунікаційних систем та мереж:

- Теоретичні засади побудови систем електричного зв'язку;
- Теоретичні основи радіоелектронних систем;
- Розробка, проектування та експлуатація радіоелектронного обладнання;
- Системи передавання даних;
- Системи комутації та розподілу інформації;
- Теоретичні основи телекомунікаційних мереж;
- Системи спостереження та обробки інформації;
- Проектування та функціонування телекомунікаційних систем та мереж.

1. Теоретичні засади побудов систем електричного зв'язку.

1.1. Джерело інформації. Перетворення неперервного (аналогового) сигналу в цифровий двійковий сигнал: представлення неперервного сигналу послідовністю відліків, теорема Котельникова; формування дискретного сигналу; кодування дискретного сигналу; принцип завадостійкого кодування. Перенесення інформаційного сигналу в частотний діапазон, призначений для його передавання. Формування каналу зв'язку і особливості його функціонування: ввід сигналу в лінію зв'язку та вивід сигналу з неї; принцип багатоканального передавання сигналів через лінію зв'язку; характеристики каналу зв'язку. Приймання цифрового сигналу (постановка задачі). Узагальнена структурна схема цифрової системи передавання інформації

1.2. Класифікація сигналів. Часове представлення неперервних випадкових сигналів: властивості випадкових сигналів; формування математичних моделей випадкових сигналів при їх часовому представленні; ймовірнісна часова математична модель неперервного випадкового сигналу; параметри випадкових сигналів та їх математична інтерпретація; ймовірнісна часова математична модель неперервно-дискретного випадкового сигналу; ймовірнісні часові математичні моделі дискретного та дискретно-неперервного випадкових сигналів; автокореляційна характеристика неперервних випадкових сигналів. Частотне представлення неперервних випадкових сигналів; математична модель частотного представлення неперервних випадкових сигналів; зв'язок між спектральною і автокореляційною характеристиками неперервних випадкових сигналів, теорема Вінера-Хінчина. Вузькосмугові випадкові сигнали.

1.3. Інформаційна характеристика та параметри джерел дискретних повідомлень. Кількісна міра інформації для дискретних повідомлень. Інформаційні параметри джерел дискретних повідомлень: середнє значення кількості інформації, яка припадає на одне повідомлення джерела; надлишковість джерела дискретних повідомлень; продуктивність джерела дискретних повідомлень. Ентропія джерела залежних повідомлень. Інформаційні параметри джерел неперервних повідомлень: епсилон-ентропія, продуктивність, надлишковість.

1.4. Завадостійке кодування повідомлень. Основні параметри кодів. Оцінка здатності кодів виявляти та виправляти помилки при передаванні окремих цифр: введення поняття „відстань між сигналами”; представлення параметра „відстань між

цифровими сигналами” по Хемінгу; зв’язок мінімальної кодової відстані з властивостями завадостійкого коду. Методика проектування завадостійких (коректуючих) кодів шляхом вибору дозволених кодових комбінацій. Блокові коректувальні коди. Методика проектування блокових коректувальних кодів. Циклічні коди: методика проектування циклічних кодів; механізм виявлення і виправлення помилок в кодових комбінаціях циклічного коду; евристичний синтез структурно-функціональних схем кодера і декодера циклічного коду; синтез структурно-функціональної схеми регістра зсуву, як функціонального модуля кодера і декодера циклічного коду. Згорткові коректувальні коди.

1.5. Загальне поняття про канали передавання інформації. Класифікація каналів зв’язку. Характеристики каналів зв’язку. Математичні моделі дискретних, дискретно-неперервних та неперервних каналів зв’язку: математичні моделі дискретних каналів зв’язку; постановка задачі аналізу дискретного каналу зв’язку; особливості використання математичних моделей дискретних каналів зв’язку; математична модель дискретно- неперервного каналу зв’язку; математичні моделі неперервних каналів зв’язку. Дослідження проходження детермінованих сигналів через лінійні і нелінійні канали зв’язку. Дослідження проходження неперервних випадкових сигналів через лінійні і нелінійні канали зв’язку. Інформаційні параметри каналів зв’язку. Передавання повідомлень по каналу без завад: швидкість передавання і пропускна здатність дискретного каналу зв’язку без завад; теорема Шеннона для дискретного каналу без завад. Передавання повідомлень по дискретному каналу з завадами: швидкість передавання і пропускна здатність дискретного каналу зв’язку з завадами; приклад розрахунку пропускної здатності дискретного каналу зв’язку; теорема Шеннона для дискретного каналу зв’язку з завадами. Передавання повідомлень по неперервному каналу з завадами: швидкість передавання інформації, пропускна здатність каналу, формула Шеннона.

1.6. Формулювання задач, які виникають при прийманні радіосигналів з амплітудною та частотною модуляцією. Приймання радіосигналу, коли його спектр і спектри завад не перекриваються: метод прямого підсилення; супергетеродинний метод; евристичний синтез структурно-функціональних схем приймачів. Дослідження процесу проходження флукуаційного білого шуму через вузькосмуговий підсилювач. Дослідження процесу проходження флукуаційного білого шуму через некогерентний амплітудний детектор. Дослідження процесу проходження адитивної суміші АМ-сигналу і вузькосмугового флукуаційного шуму через некогерентний амплітудний детектор. Дослідження процесу проходження адитивної суміші ЧМ-сигналу і вузькосмугового флукуаційного шуму через частотний детектор. Приймання радіосигналу, коли його спектр і спектр завади частково перекриваються: постановка задачі розробки оптимального лінійного фільтра для радіосигналів; оптимальний фільтр Колмогорова-Вінера. Порівняльна оцінка завадостійкості систем із різними видами модуляції. Поріг завадостійкості в системах із широкосмуговими видами модуляції та методи його зниження. Слідуючі методи приймання ЧМ сигналів. Граничні можливості методів пониження порогу.

1.7. Постановка задачі поелементного приймання цифрових сигналів. Пороговий метод приймання цифрових сигналів. Приймання цифрових сигналів на

основі методу накопичення. Оптимальне приймання цифрових сигналів на основі методу оптимальної узгодженої фільтрації: синтез структурно-функціональної схеми оптимального узгодженого фільтра. Оптимальне приймання цифрових сигналів за допомогою приймача Котельнікова; оптимальне приймання цифрових сигналів за допомогою кореляційного приймача; оцінка потенціальної завадостійкості системи передавання інформації при кореляційному методі приймання цифрового сигналу. Застосування шумоподібних сигналів для передавання дискретних повідомлень. Оптимальне приймання цифрових сигналів, коли момент їх приходу є випадковим.

1.8. Принципи цифрової фільтрації сигналів. Синтез структурно-функціональних схем цифрових фільтрів з обмеженою та необмеженою імпульсними характеристиками. Дискретне перетворення Фур'є. Швидке перетворення Фур'є. Диференціальні методи цифрового передавання сигналів: диференціальна імпульсно-кодова модуляція; кодування помилки передбачених значень; дельта-модуляція.

1.9. Принцип багатоканального передавання неперервних випадкових сигналів через лінію зв'язку. Принцип побудови багатоканальної системи передавання інформації з часовим ущільненням лінії зв'язку: евристичний синтез структурно-функціональної схеми багатоканальної системи передавання інформації з часовим ущільненням лінії зв'язку; аналіз причин міжканальних впливів в багатоканальних системах передавання інформації з часовим ущільненням лінії зв'язку. Принцип побудови багатоканальної системи передавання інформації з частотним ущільненням лінії зв'язку: евристичний синтез структурно-функціональної схеми багатоканальної системи передавання інформації з частотним ущільненням лінії зв'язку; аналіз причин міжканальних впливів в багатоканальних системах передавання інформації з частотним ущільненням лінії зв'язку. Принципи побудови синхронно-адресних та асинхронно-адресних багатоканальних систем передавання інформації. Розділення сигналів за формою.

1.10. Методологічні принципи системного підходу до дослідження та розробки систем передавання інформації. Показники ефективності та методи оптимізації систем передавання інформації. Вибір методів модуляції та завадостійкого кодування. Використання методів скорочення надлишковості повідомлень. Забезпечення заданого рівня надійності систем. Інформаційна, енергетична та частотна ефективності систем зв'язку. Гранична ефективність та межа Шеннона.

1.11. Криптографічні методи захисту інформації в комп'ютерних системах і мережах. Основні терміни та визначення. Алгебраїчні основи теорії криптографії: арифметика залишків, незвідні поліноми, групи, кільця, скінченні поля Галуа. Історія розвитку криптографії. Класифікація методів шифрування інформації. Характеристика шифрів заміни і перестановки. Принципи побудови і властивості генераторів псевдовипадкових послідовностей. Поточкові шифри *A5* і *RC4*. Модель симетричної криптографії. Класифікація загроз супротивника. Симетричні блокові шифри *DES* і *AES*. Режими використання блокових шифрів. Двоключові криптосистеми з відкритим ключем. Односторонні функції. Модель криптосистеми з відкритим ключем. Електронна підпис. Криптопротоколи розподілу секретних ключів шифрування Діффі-Хеллмана та *RSA*. Хеш-функції *SHA256* і *MD5*.

2. Теоретичні основи радіоелектронних систем

2.1. Класифікація радіоелектронних систем. Хвильові процеси, що використовуються в РЕС. Умови розміщення і взаємодії РЕС. Вплив елементної бази електроніки на реалізацію і зовнішній вигляд РЕС. Локаційні та радіонавігаційні системи. Основи теорії локації. Принципи дії різних видів локаційних та радіонавігаційних РЕС. Радіолокація, оптична локація, акустична локація, інтроскопічні різновиди та аналоги локаційних методів.

2.2. Просторово-часова модуляція локаційних сигналів. Приклади просторово-часової модуляції в однопозиційній активній радіолокації, особливості просторово-часової модуляції сигналів гідроакустичної та оптичної локації, а також в багатопозиційній радіолокації. Елементи радіоелектронної системотехніки.

2.3. Вторинне випромінювання в активній локації. Розсіяння об'єктами електромагнітної енергії зовнішнього випромінювання. Зворотне розсіяння. Ефективна відбивальна поверхня (ЕВП). Методи розрахунків і вимірювання ЕВП. Залежність ЕВП від довжини хвилі і ракурсу спостереження. Матриця зворотного розсіяння.

2.4. Вторинне випромінювання в активній локації. Розсіяння об'єктами електромагнітної енергії зовнішнього випромінювання. Зворотне розсіяння. Ефективна відбивальна поверхня (ЕВП). Методи розрахунків і вимірювання ЕВП. Залежність ЕВП від довжини хвилі і ракурсу спостереження. Поляризаційні характеристики сигналів. Матриця зворотного розсіяння.

2.5. Рівняння дальності для локаційної і навігаційної системи без урахування втрат. Порівняння з рівнянням дальності дії для системи зв'язку. Урахування впливу ослаблення хвиль при поширенні у середовищі на дальність дії РЕС.

2.6. Оптимізація РЕС. Показники якості, критерії і методи оптимізації РЕС. Особливості статистичної оптимізації РЕС: основні задачі, методи і критерії безумовної оптимізації статистичних рішень, методи умовної статистичної оптимізації. Вибір методів оптимізації.

2.7. Критерії, алгоритми і технології виявлення сигналів РЕС і вимірювання параметрів. Оптимізація виявлення сигналів. Кореляційне виявлення та узгоджена фільтрація на фоні некорельованих стаціонарних гаусівських завад. Виявлення когерентних і некогерентних сигналів. Виявлення на фоні негаусівських завад. Технології аналогового і цифрового виявлення-розділення сигналів. Показники якості, алгоритми та технології вимірювання параметрів сигналів РЕС.

2.8. Вимірювання координат і параметрів об'єктів локаційними засобами. Процедури вимірювання дальності та радіальної швидкості об'єктів. Потенційна точність вимірювання. Функція невизначеності. Точність вимірювання кутових координат та роздільна здатність: потенційна та реальна. Аналогові і цифрові методи вимірювання кутових координат. Моноімпульсні методи вимірювання кутових координат.

3. Теоретичні засади побудови радіотехнічних пристроїв та систем

3.1. Класифікація радіотехнічних систем і пристроїв за призначенням, видом використовуваних сигналів, діапазоном радіохвиль.

3.2. Поняття радіоканалу як середовища, в якому поширюються радіохвилі. Особливості поширення радіохвиль в різних середовищах.

3.3. Поняття про точнісні характеристики систем та пристроїв. Основні характеристики відтворюваних повідомлень. Показники точності відтворення неперервних та дискретних повідомлень. Джерела похибок та шляхи зменшення їх впливу. Методи та критерії оцінки якості радіотехнічних систем. Загальне співвідношення функціоналів якості РТС як числової функції параметрів повідомлень, сигналів, завад та параметрів оператора перетворення вхідних даних РТС в масив оцінок повідомлень. Показники доцільності (достовірності) оцінок повідомлень як основні показники якості. Способи зменшення розміру вектора показників. Частинні показники якості РТС та підсистем, їх застосування.

3.4. Методи моделювання РТС з метою підвищення якості, надійності та живучості на різних стадіях проектування. Архітектура імітаційної цифрової моделі РТС. Застосування пакетів прикладних програм для реалізації імітаційних моделей.

3.5. Загальні характеристики показників завадозахищеності та шляхи їх покращення.

3.6. Пропускна здатність радіосистем. Потенційна та реальна пропускна здатність систем передавання та добування інформації.

3.7. Електромагнітна та екологічна сумісність. Показники та параметри електромагнітної сумісності. Основні шляхи забезпечення електромагнітної сумісності.

3.8. Показники надійності. Принципи побудови моделей надійності систем та пристроїв. Методи забезпечення та оцінки показників надійності. Реалізація принципу відмовостійкості.

3.9. Радіосистеми передавання інформації, класифікація, основні характеристики. Ущільнення та розділення каналів в інформаційно-телеметричних системах. Кодування повідомлень в радіосистемах передавання інформації. Коректуючі коди. Радіосистеми з широкосмуговими псевдошумовими сигналами.

3.10. Системи перепаді дискретних повідомлень. Вибір сигналів у системах передачі дискретних повідомлень. Способи приймання двійкових сигналів у каналах з постійними параметрами. Приймання сигналів у каналах з випадковими параметрами. Кодування у системах передачі дискретних повідомлень.

3.11. Системи передачі безперервних повідомлень. Вибір сигналів у системах передачі безперервних повідомлень. Методи приймання безперервних повідомлень. Системи із імпульсною модуляцією. Цифрові методи передачі та приймання безперервних повідомлень.

3.12. Багатоканальні РТС. Методи ущільнення та розділення каналів. Характеристики багатоканальних систем із лінійним розділенням каналів. Системи із частотним розділенням каналів. Системи із часовим розділенням каналів. Системи із кодовим розділенням каналів.

3.13. Радіосистеми здобування інформації. Основи теорії виявлення та розрізнення сигналів. Алгоритми та пристрої оптимального виявлення та розрізнення сигналів. Фазові та імпульсно-фазові радіонавігаційні системи. Супутникові радіонавігаційні системи. Радіотехнічні системи вимірювання швидкості, віддалі, кутових координат.

3.14. Системи радіопротидії, класифікація, основні характеристики. Методи радіопротидії. Системи радіотехнічної розвідки. Методи захисту від активних завад.

3.15. Радіосистеми керування рухомими об'єктами. Основні принципи автономного керування польоту літальних апаратів. Телекерування, основні означення, методи теленаведення. Основні відомості про самонаведення.

3.16. Узагальнені структурні схеми ТВ систем. Число рядків розгортання, чіткість та різкість зображення; інерційність візуального відчуття - число кадрів, що передаються в секунду, частота блімання зображення; контрастна чутливість зору - яскравість, контраст, число відтворюваних градацій яскравості: спектральна чутливість ока та ТВ системи та ін..

3.17. Телевізійні системи широкомовного та прикладних типів. Особливості стандартів телевізійних систем. Види модуляції та обробка телевізійних сигналів. Системи кабельного телебачення. Супутникове телебачення. Системи телебачення високої чіткості.

3.18. Мікропроцесори та мікроконтролери. Класифікація, принципи побудови, структурні схеми, основні характеристики. Застосування в радіотехнічних системах і пристроях.

3.19. Комплексування систем. Радіоелектронні комплекси. Формування показників ефективності радіоелектронних комплексів. Методи структурного та функціонального аналізу комплексів.

4. Методи математичного опису сигналів та завад

4.1. Класифікація повідомлень, сигналів та завад. Детерміновані сигнали та випадкові процеси. Прямі і непрямі моделі процесів. Векторні зображення процесів в лінійних функціональних просторах: метричному, нормованому та гільбертовому.

4.2. Представлення сигналів у часовій та частотній областях. Енергетичний спектр, автокореляційна функція, функція невизначеності та діаграми невизначеності цих сигналів.

4.3. Моделі часових, просторово-часових та поляризаційних сигналів переданих повідомлень і завад в задачах виявлення, вимірювання, фільтрації та розділення.

4.4. Зображення сигналів з допомогою ортогональних функцій. Спектри сигналів. Інтегральні зображення сигналів, перетворення Фур'є, Гільберта. Радіосигнали, види модуляції. Частотні спектри сигналів.

4.5. Дискретні сигнали та дискретні перетворення. Дискретні перетворення Фур'є, Хаара, Уолша-Адамара, Z-перетворення. Дискретизація та відновлення безперервних сигналів. Швидкі алгоритми перетворень, швидке перетворення Фур'є.

4.6. Простір сигналів з імовірнісною мірою. Імовірнісний опис та імовірнісні характеристики стохастичного сигналу. Класифікація стохастичних сигналів по їхнім імовірнісним характеристикам. Стаціонарність. Ергодичність.

4.7. Квазідетерміновані сигнали. Ортогональний розклад стохастичного сигналу. Розклад в рад Фур'є. Дискретні стохастичні сигнали.

4.8. Основні поняття кореляційної теорії стохастичних сигналів. Гаусовський стохастичний сигнал. Лінійне перетворення гаусовського сигналу. Центральна гранична теорема.

4.9. Вузькосмугові процеси. Комплексна обвідна процесу. Статистичні характеристики обвідної, фази та їхніх похідних гаусовського вузькосмугового процесу.

4.10. Сигнали з незалежними приростами. Пуасонівський сигнал. Гаусовський сигнал з незалежними приростами. Однорідний пуасонівський сигнал. Узагальнений пуасонівський сигнал. Вінеровський процес. Білий шум. Обмежений по спектру білий шум.

4.11. Марківські сигнали. Ланцюги Маркова Гаусовський марковський сигнал. Дискретний Гаусовський марковський сигнал. Дифузійні процеси. Вінеровський процес.

4.12. Імпульсні випадкові процеси. Імпульсні сигнали із випадковою амплітудою та часом приходу. Спектральна щільність випадкових імпульсних процесів. Процеси, зв'язані з пуасонівськими. Кореляційна функція пуасонівських імпульсів.

4.13. Спектральний аналіз. Помилки спектрального аналізу. Вагові вікна. Класичні методи цифрового спектрального оцінювання спектральної щільності потужності випадкових процесів. Процес авторегресії та властивості його спектру. Авто регресійне спектральне оцінювання. Метод Проні.

4.14. Стохастичні поля. Однорідні та ізотропні поля скалярних та векторних величин, їх кореляційні функції та спектри.

5. Проектування та оптимізація радіотехнічних пристроїв та систем

5.1. Загальна постановка задачі проектування. Системний підхід – основа оптимізації систем. Основні принципи системного підходу. Склад вхідних даних дія проектування. Основні показники якості радіосистем та радіопристроїв.

5.2. Критерії оптимального виявлення та розпізнавання сигналів. Структури оптимальних приладів виявлення та розпізнавання сигналів на фоні шумів та завад. Узгоджені фільтри.

5.3. Радіотехнічні прилади оптимальної оцінки параметрів сигналів, що приймаються на фоні завад. Методи оцінки параметрів сигналів. Способи побудови приймального пристрою для оптимального оцінювання параметрів сигналів. Оцінка параметрів при неповній апріорній інформації про сигнал та завади. Використання критерію відношення вірогідності для знаходження оптимальних алгоритмів виявлення вимірювання, та фільтрації параметрів часових, просторово-часових та поляризаційних сигналів на фоні різних завад. Методи оптимізації в умовах апріорної і невизначеності. Рангові та робастні критерії. Параметричні, непараметричні та параметрично-непараметричні адаптивні методи. Рангові та адаптивно-робастні методи подолання апріорної невизначеності. Оцінка параметрів сигналів при неоптимальній побудові приймального пристрою.

5.4. Оптимальне лінійне фільтрування. Фільтри Вінера та Калмана-Б'юсі. Синтез оптимальних фільтрів. Оптимальне лінійне фільтрування у дискретних динамічних системах.

5.5. Нелінійне фільтрування. Структурні схеми та характеристики радіотехнічних приладів оптимального нелінійного фільтрування. Адаптивне приймання сигналів.

5.6. Математичні методи скалярної оптимізації. Лінійне програмування. Поняття про нелінійне програмування. Порівняльна характеристика основних математичних методів оптимізації структури (алгоритму, оператора) теорії статистичних рішень, теорії ігор, динамічного програмування.

5.7. Методи та засоби забезпечення електромагнітної сумісності РТС різних типів.

5.8. Оцінка надійності радіосистем та пристроїв. Застосування апарату теорії надійності. Визначення надійності системи по надійності елементів. Надійність системи із резервуванням та системи з відновленням.

5.9. Елементна база радіотехнічних пристроїв. Задачі мікроелектроніки та основні принципи проектування мікроелектронної апаратури. Комплексна мікромініатюризація. Особливості проектування та конструювання приладів на великих інтегральних схемах Системний підхід у конструюванні. Основні якості, показники та особливості конструкції радіоелектронної апаратури. Забезпечення її надійності.

5.10. Принципи побудови систем автоматизованого проектування радіотехнічних систем та пристроїв. Типовий маршрут проектування радіоелектронної апаратури. Рівні абстрагування та аспекти опису об'єктів проектування. Операції, процедури та етапи проектування. Схемотехнічне проектування. Постановка задач одно варіантного аналізу. Аналіз чутливості. Метод статистичних випробувань. Метод найгіршого випадку. Оптимізація параметрів та оптимізація допусків. Підсистеми схемотехнічного проектування, їх функціональні можливості. Функціонально-логічне проектування.

5.11. Моделі та алгоритми аналізу функціональних схем. Аналіз функціональних схем аналогових та цифрових пристроїв. Загальні поняття про синтез тестів. Програмне забезпечення функціонально-логічного проектування. Системотехнічне проектування. Математичні моделі об'єктів проектування на системному рівні. Класифікація моделей. Поняття повної моделі та макромоделі. Область адекватності моделі. Задача ідентифікації. Загальні поняття про імітаційні моделі систем масового обслуговування.

6. Розробка, проектування та експлуатація радіоелектронного обладнання

6.1. Класифікація, основні параметри та характеристики підсилювачів. Стабільність параметрів підсилювачів. Підсилювачі з резистивно-ємнісним зв'язком. Вибірні підсилювачі. Імпульсні підсилювачі. Підсилювальні каскади з трансформаторним зв'язком. Підсилювачі постійного струму. Диференціальні каскади. Операційні підсилювачі та схеми їх вмикання. Функціональні вузли на основі операційних підсилювачів. Підсилювачі потужності та їх параметри.

6.2. Основні поняття про автогенератори та принцип їх побудови. Умови виникнення автоколивань. RC– автогенератори. Стабілізація амплітуди коливань RC–автогенераторів. LC- автогенератори. Стабілізація амплітуди коливань LC–автогенераторів. Стабільність частоти автогенераторів та вплив зовнішніх факторів. Кварцева стабілізація частоти. Параметричні генератори гармонічних коливань.

6.3. Загальна характеристика імпульсних пристроїв. Параметри імпульсних сигналів. Обмежувачі амплітуди. Компаратори напруги. Тригери Шмітта.

Автоколивальні мультівібратори. Затримані мультівібратори. Генератори пилоподібних імпульсів напруги.

6.4. Принципи побудови перетворювачів спектру. Помножувачі та перетворювачі частоти. Амплітудні модулятори. Кутова модуляція. Частотні та фазові модулятори. Амплітудні детектори. Детектування коливань з кутовою модуляцією. Частотні та фазові детектори.

7. Системи передавання даних

7.1. Методи ущільнення каналів. Сигнали в системах багатоканального зв'язку. Призначення багатоканальних систем передавання (БКСП). Основні визначення: лінія, канал, система зв'язку. Канали і системи передавання. Характеристики каналів багатоканальних систем передавання (БСП). Основні типи каналів у системах передавання з частотним розділенням каналів (ЧРК) і їх характеристики. Принципи часового розподілу каналів. Принципи побудови систем передавання з часовим розподілом каналів. Система передавання з часовим розподілом каналів. Імпульсні методи модуляції.

7.2. Принципи побудови цифрових систем передавання (ЦСП). Структура та ієрархія ЦСП. Аналогово-цифрове і цифро-аналогове перетворення сигналів: імпульсно-кодова модуляція (ІКМ); лінійне і нелінійне кодування; характеристики компресії; натуральний, симетричний і рефлексний (код Грея) коди. Принципи побудови кінцевих станцій ЦСП з ІКМ. Структурна схема кінцевої станції ЦСП з ІКМ і безпосереднім кодуванням, структурна схема кінцевої станції з ЦСП з ІКМ1 групоутворенням. Лінійний тракт кабельних ЦСП; формування лінійного цифрового сигналу, регенератор ЦСП, якість лінійного тракту, довжина ділянки регенерації. Особливості РРСП з ІКМ і ЦСП по волоконно-оптичних лініях зв'язку.

7.3. Принципи побудови синхронної цифрової ієрархії. Узагальнена схема мультиплексування потоків у SDH. Формування модулів STM. Структура фреймів STM.

7.4. Принципи побудови ВОСП. Структурні схеми і основні елементи тракту. Пристрої вводу і виводу випромінювання. Направлені відгалужувачі. Фільтри. Енергетичні співвідношення і показники якості ВОСП.

7.5. Основні параметри цифрових ВОСП. Системи першого покоління. Системи другого покоління. Коефіцієнт помилок і регенерація імпульсів. Коди передавання у ВОСП і критерії їх вибору для систем з різною швидкістю передавання. Приймачі цифрових ВОСП. Загальна схема. Дисперсія шуму. Розрахунок відношення сигнал/шум. Співвідношення між оптичною потужністю і коефіцієнтом помилок.

7.6. Послідовність проектування ВОСП. Вибір топології ВОСП. Методика інженерного розрахунку ВОСП. Оцінка довжини регенераційної ділянки. Вибір сигналів цифрового лінійного тракту. Типові ВОСП.

7.7. Функціональна архітектура транспортних мереж. Принцип побудови мережної транспортної моделі. Мережна транспортна модель систем SDH. Функціональні модулі реальних систем SDH. Типи і завдання функціональних модулів систем SDH. Мультиплексори, регенератори та підсилювачі, концентратори, комутатори. Архітектура транспортних SDH мереж.

7.8. РРЛ прямої видимості, структурна схема, плани розподілу частот. Антени, фідери і фільтри, що використовуються в РРЛ. Рівень сигналу в місці прийому. Множник послаблення. Статистичний розподіл величини завмирань на інтервалі РРЛ. Методи зменшення завмирань сигналів на інтервалах РРЛ. Використання пасивних ретрансляторів на інтервалах РРЛ. Діаграма рівнів інтервалу. Вибір траси, висоти встановлення антени і визначення стійкості зв'язку. РРЛ прямої видимості з частотним ущільненням і частотною модуляцією. Структурні схеми РРЛ з часовим ущільненням. Основні особливості РРЛ з часовим ущільненням. Теплові шуми телефонних каналів РРЛ в ФІМ-АМ. Перехідні завади між каналами під час часового ущільнення. Проектування РРЛ з часовим ущільненням.

7.9. Цифрові РРЛ (ЦРРЛ). Особливості ЦРРЛ. Методика проектування. Тропосферні РРЛ (ТРРЛ) і системи зв'язку через ШСЗ. Принципи побудови ТРРЛ. Основні особливості тропосферного поширення. Рознесений прийом і спроби комбінування сигналів. Розрахунок шумів у каналах і стійкість роботи ТРРЛ.

8. Системи комутації та розподілу інформації

8.1. Повнодоступне і неповнодоступне включення і їх параметри. Схеми повнодоступних і неповнодоступних включень ліній. Розрахунок одноланкових повнодоступних комутаційних систем з втратами і очікуванням. Методи розрахунків одноланкових неповнодоступних комутаційних систем. Методи розрахунків дволанкових комутаційних систем. Структури багатоланкових комутаційних систем і їх побудова. Вузол комутації: структурна схема, класифікація.

8.2. Способи комутації. Типи комутаційних приладів. Способи побудови і структурні параметри комутаційних блоків.

8.3. Поняття внутрішнього блокування. Способи зменшення внутрішнього блокування. Реалізація просторових блоків комутації в цифрових комутаційних системах. Реалізація блоків часової комутації в цифрових комутаційних системах.

8.4. Способи збільшення кількості внутрішньостанційних каналів. Принципи побудови комутаційних полів цифрових систем комутації. Просторові еквіваленти комутаційних полів ЦСК.

8.5. Телефонна мережа загального користування. Абонентська та міжстанційна сигналізація.

8.6. Структура інтегральної мережі з АТСЕ. Структурна схема концентратора. Структурна схема опорної цифрової АТСЕ. Алгоритм встановлення з'єднання на цифровій АТСЕ. Алгоритм скиду з'єднання на цифровій АТСЕ.

9. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж

9.1. Визначення системи. Визначення елемента системи. Телекомунікаційна мережа як складна система. Макро-, мікро-, мезапідхід до вивчення системи. Замкнуті (автономні) та розімкнуті системи. Динамічні і статичні системи. Побудова моделей складних систем.

9.2. Концепція відкритих систем. Еталонна модель взаємодії відкритих систем ISO/OSI. Опис сервісу в еталонній моделі взаємодії відкритих систем. Примітиви сервісу й їх формалізація. Сервіс каналного рівня. Сервіси мережного та

транспортного рівнів. Сеансовий сервіс. Сервіс рівня представлення і основи прикладного сервісу.

9.3. Визначення телекомунікаційної мережі. Складові частини мережі. Топологічне представлення телекомунікаційних мереж. Класифікація телекомунікаційних мереж. Методика розрахунку максимального потоку. Побудова дерева шляхів і рельєфу графа.

9.4. Визначення маршрутизації. Таблиці маршрутизації. Динамічні і статичні методи маршрутизації. Алгоритми маршрутизації.

9.5. Методи випадкового доступу. Доступ в мережах з шинною топологією. Доступ в мережах з кільцевою топологією.

10. Системи спостереження та обробки інформації

10.1. Класифікація систем спостереження. Залежні і незалежні системи спостереження. Системи спостереження в рамках концепції CNS/ATM.

10.2. Автономні локаційні системи. Класифікація. Радіолокаційні висотоміри. Літакові радіолокатори на прикладі метеорологічних радіолокаторів (МРЛ). Когерентні МРЛ. Радіолокаційна відбиваність. Доплерівський спектр і його параметри.

10.3. Бортові метеонавігаційні радіолокатори (МНРЛС). Призначення МНРЛС та їх роль у забезпеченні польотів в складних метеорологічних умовах. Вимоги до МНРЛС. Структури цифрових МНРЛС. Міжнародні стандарти ICAO, Arinc. Експлуатаційні характеристики. Технічні параметри. Режими роботи.

10.4. Вторинні радіолокаційні системи. Керування повітряним рухом. Запитувачі і відповідачі. Вплив бокових пелюсток антени на роботу вторинної системи. Системи придушення бокових пелюсток. Режими А, В, С. Режим S. Бортові системи попередження зіткнень. Концепція і основні принципи TCAS. Логіка TCAS і програмне забезпечення. Представлення інформації.

10.5. Системи автоматичного залежного спостереження. Принцип автоматичного залежного спостереження. Архітектура системи спостереження ADS-B. Застосування і переваги ADS-B. ADS-B як система попередження зіткнень.

10.6. Пасивні системи і напівпасивні системи спостереження. Пасивні системи виявлення грозової активності. Електромагнітне випромінювання блискавок. Пеленгування джерел випромінювання з борту літака. Методи оцінки дальності до розряду. Особливості відображення інформації. Системи виявлення і оцінки координат об'єктів з використанням відбитих сигналів сторонніх джерел випромінювання.

10.7. Системи попередження наближення до землі. Призначення і необхідність системи попередження наближення до землі. Основні принципи системи GPWS. Режими роботи GPWS. Удосконалена система попередження про наближення до землі (EGPWS) Системи з прогнозуванням. Приклади реалізації систем.

10.8. Багатопозиційні радіоелектронні системи (БПРЕС). Особливості БПРЕС. Переваги і недоліки. Виявлення цілей в БПРЕС. Дальність і зона дії БПРЕС. Визначення координат і побудова траєкторій цілей. Отримання радіозображень цілей. Мультилатераційні радіоелектронні системи в авіації.

10.9. Сигнали як носії інформації в системах спостереження. Основні типи

сигналів. Зовнішні і внутрішні впливи на інформаційні процеси. Основні положення теорії і статистичні моделі випадкових величин, процесів і полів.

10.10. Розподіл ймовірностей сигналів і завад.

10.11. Априорна невизначеність статистичного опису сигнально-завадових ситуацій і умов застосування систем спостереження.

10.12. Статистичний синтез методів і алгоритмів обробки сигналів в умовах априорної невизначеності.

10.13. Адаптивні, робастні і непараметричні методи і алгоритми обробки інформації.

11. Проектування та функціонування телекомунікаційних систем та мереж

11.1. Основні компоненти мережі. Класифікація мереж. Принципи зв'язку. Багаторівнева модель та протоколи. Модель TCP/IP. Порівняння моделей OSI та TCP/IP. Фізична та логічна адресація в мережі.

11.2. Функції комутаторів. Широкомовна розсилка повідомлень. Протокол визначення адрес ARP. Функції маршрутизаторів. Кабелі та контакти. Стандарти прокладки кабелів.

11.3. Призначення мережного рівня. Протоколи мережного рівня. IP-адреса та мережна маска. Типи IP-адрес. Публічні та приватні IP-адреси. Присвоєння статичної та динамічної IP-адреси. Межі мережі та простір адрес. Планування структури адресації. IP-адресація в LAN. Маска VLSM та безкласова міждомenna маршрутизація (CIDR). Технологія NAT і PAT.

11.4. Основні функції транспортного рівня. Транспортні протоколи TCP і UDP. Основні функції прикладного рівня. Протоколи прикладного рівня. Прикладні протоколи і сервіси.

11.5. Безпроводні технології і пристрої. Типи безпроводних мереж та їх межі. Безпроводні локальні мережі. Стандарти безпроводних мереж. Безпроводні канали. Безпека безпроводної локальної мережі. Загрози в безпроводних локальних мережах. Аутентифікація та шифрування в мережі WLAN.

11.6. Мережні загрози. Методи атак. Віруси, хробаки, черв'яки та «троянські коні». Політика безпеки. Загальні заходи забезпечення безпеки. Антивірусне ПЗ. Використання міжмережних екранів.

11.7. Інтернет та стандарти. Провайдери послуг Інтернет (ISP). Підключення до провайдера послуг Інтернет. Служба технічної підтримки. Протоколи для роботи служб ISP. Служба доменних імен. Функціональні обов'язки Інтернет-провайдера.

Рекомендована література:

1. Климаш М.М. Оптичні та радіоканали телекомунікацій : навч. посіб. / М.М. Климаш, О.А. Лаврів, Р.І. Бак. – Львів, 2010. – 424 с.
2. Юдін О.К. Захист інформації в мережах передачі даних / О.К. Юдін, О.Г. Корченко, Г.Ф. Конахович // Підручник — К. : Вид-во DIRECTLINE, 2009. — 714 с.
3. Конахович Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. — К. : «МК-Пресс», 2006. — 288 с.
4. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів: вид-во УАД, 2011. – 496 с.
5. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є.Буров. – Львів : БаК, 1999. – 468 с.
6. Навчальні матеріали мережних академій Cisco за курсом CCNA сем 1-4 <http://www.cisco.com/go/netacad.net>.
7. Прокопенко І. Г. Статистична обробка сигналів: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. – К. : НАУ-Друк, 2011. – 220 с.
8. Кравчук С.О., Потапов В.Г., Тараненко А.Г., Ткаліч О.П., Голубничий О.Г. Системи зв'язку з рухомими об'єктами: підручник – К.: Вид-во. ПП «Дірект Лайн», 2012.–450 с.
9. Конахович Г.Ф., Чуприн В.М., Мачалін І.О., Ткаліч О.П. Експлуатація телекомунікаційних систем . – К.: «Центр учбової літератури», 2014. – 372 с.
10. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. Телекомунікації та інформаційні мережі. – К.:САММІТ-Кніга. 2010
11. Яновський Ф.Й. Радіолокаційні системи повітряних суден. К.: Видавництво НАУ, 2012. – 688 с.
12. Mahafza B.R. Radar systems analysis and design using Matlab. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton London New York Washington, D.C., 2005. – 664 pp.
13. John W.M. Rogers, Calvin Plett, and Ian Marsland. Radio Frequency System Architecture and Design. Artech Nouse, Boston, London, 2013, 318 pp.
14. Яновський Ф.Й. Метеонавігаційні радіолокаційні системи повітряних суден. К.: Видавництво НАУ, 2003. – 304 с.
15. Yanovsky, F. Inferring microstructure and turbulence properties in rain through observations and simulations of signal spectra measured with Doppler–polarimetric radars. Book Chapter in: Polarimetric Detection, Characterization, and Remote Sensing, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, 2011, 545 pp.
16. Yanovsky F.J., Millimeter-Wave Radar: Principles and Applications, In: Millimeter Wave Technology in Wireless PAN, LAN, and MAN, Chapter 10, pp.305-376, CRC Press, 2008. – 464 pp.