

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

 **Анатолій ПОЛУХІН**

«__» _____ 2023 р.



ПРОГРАМА

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

Гарант освітньо-наукової програми

д.т.н., професор



Максим ЗАЛІСЬКИЙ

Розробник

д.т.н., професор



Роман ОДАРЧЕНКО

Київ – 2023



Програма додаткового вступного випробування 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 телекомунікаційних та радіоелектронних систем;
- Теоретичні засади побудови систем електричного зв'язку;
- Теоретичні основи радіоелектронних систем;
- Системи передавання даних;
- Теоретичні основи телекомунікаційних мереж;

1. Теоретичні засади побудови телекомунікаційних та радіоелектронних систем

1.1. Телекомунікаційні та радіоелектронні системи: призначення, класифікація, характеристики. Навести приклад із детальним описом однієї із систем.

1.2. Класифікація телекомунікаційних та радіотехнічних сигналів.

1.3. Компонентна база телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

1.4. Модуляція. Класифікація, математичні моделі, часові та частотні діаграми.

1.5. Теорема Котельникова. Приклад.

1.6. Підсилювачі на транзисторах. Характеристики, схеми, порівняльний аналіз.

1.7. Структурна схема супергетеродинного приймача.

1.8. Загальні принципи побудови телекомунікаційних та інформаційних мереж.

1.9. Еволюція мереж передачі даних від першого до п'ятого поколінь.

1.10. Показники надійності телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

1.11. Особливості поширення радіохвиль. Рівняння Максвелла.

1.12. Теоретичні засади захисту інформації в телекомунікаційних системах.

2. Теоретичні засади побудов систем електричного зв'язку

2.1. 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.

2.2. Класифікація телекомунікаційних та радіотехнічних сигналів.

2.3. 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.

2.4. 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.

2.5. 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.

2.6. 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.

2.7. 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.

2.8. 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.

2.9. 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.

3. Теоретичні основи радіоелектронних систем

3.1. Класифікація радіоелектронних систем. 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.

3.2. 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.

3.3. 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.

3.4. 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.

3.5. 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.

3.6. 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.

3.7. 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.

3.8. 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.

4. Теоретичні засади побудови радіотехнічних пристроїв та систем

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

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

4.3. 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.

4.4. 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.

4.5. Загальні характеристики показників завадозахищеності та шляхи їх покращення.

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

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

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

4.9. 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.

4.10. 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.

4.11. 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.

5. Методи математичного опису сигналів та завад

5.1. Класифікація повідомлень, сигналів та завад.

5.2. Представлення сигналів у часовій та частотній областях. Енергетичний спектр, автокореляційна функція.

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

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

5.5. Вузкосмугові процеси. Комплексна обвідна процесу. Статистичні характеристики обвідної, фази та їхніх похідних гаусовського вузкосмугового процесу.

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

5.7. Спектральний аналіз. Помилки спектрального аналізу. Вагові вікна. Класичні методи цифрового спектрального оцінювання спектральної щільності потужності випадкових процесів.

6. Системи передавання даних

6.1. 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. 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.

6.2. 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.

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

6.4. 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.

6.5. 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.

6.6. 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.

7. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж

7.1. 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.

7.2. 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.

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

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

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

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.