

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет інформаційних технологій
 Кафедра Телекомунікацій, медійні та інтелектуальних технологій



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Декан факультету інформаційних технологій
 ТЕТЯНА ГОВОРУЩЕНКО
 _____ 2024 р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна **Цифровий зв'язок**

Освітньо-професійна програма **Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі**

Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач	Пивовар Олег Сергійович
Профайл викладача	https://tmit.khmnmu.edu.ua/kafedra/sklad-kafedry/
Е-маїл викладача	pyvo@i.ua
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліну в ІСУ	https://msn.khmnmu.edu.ua/course/index.php?categoryid=612
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	Очні: (онлайн): за попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Обсяг дисципліни - ліни	Кількість годин						Форма семестрового контролю			
					Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
О	Д	2	3	8	240	34	34	17	-	155	-	-	+	-

Силабус розроблено на основі робочої програми навчальної дисципліни «Цифровий зв'язок».

Силабус складено

Завідувач кафедри ТМІТ

Олег ПИВОВАР

Сергій ПІДЧЕНКО

Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна «Цифровий зв'язок» є однією із важливих фахових вибіркових дисциплін підготовки бакалавра за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»(ЕКР) на основі ОПП «Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі».

Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни. Формування особистості фахівця, знатного вирішувати типові та складні завдання цифрового зв'язку у тому числі із застосуванням інформаційно-комп'ютерних технологій.

Завдання дисципліни. Формування у студентів необхідних теоретичних знань та практичних компетенцій, що необхідні для участі під час аналізу, синтезу та оптимізації параметрів та характеристик цифрових сигналів та каналів за різними критеріями, вивчення методів забезпечення оптимізації цифрових ліній із урахуванням умов поширення сигналів, та під час впливу завод різних типів.

Очікувані результати навчання

Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: вміло використовувати понятійний апарат теорії цифрового зв'язку, теорію та математичні методи обробки цифрових даних; практично реалізувати відповідні математичні абстракції цифрової обробки сигналів; застосовувати методи математичного та комп'ютерного моделювання випадкових і детермінованих сигналів, а також алгоритмів прийому цифрових сигналів на тлі завод та спотворень різноманітних типів.

Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

№ т-ня	Тема лекції	Тема лабораторного заняття	Тема практичного заняття	Самостійна робота студента		
				Зміст	год	Джерела
1	2	3	4	5	6	7
1	Цифрові сигнали, їх форма, параметри, характеристики і спектри. Спектр поодинокого імпульсу та послідовності імпульсів. Зв'язок між часовими та частотними характеристиками цифрових сигналів	Методики використання лабораторного устаткування та вимірювальних приладів. Особливості використання наявного вимірювального та допоміжного устаткування лабораторії.	Спектральний аналіз цифрових сигналів. Різновиди спектрів в різних базисах	Підготовка до опанування курсу, реєстрація в модульному середовищі (встановлення індивідуальних планів та графіку дистанційного навчання, графіку консультацій, способам взаємодії із викладачем), підготовка до лабораторної роботи 1, підготовка до проведення практичної роботи 1, підготовка до проведення електронного тестування 1	6	Літ.: [1] с.30,42, 71-74; [2] с.9-15, [3] с. 21-35 Літ.: [1] с.107-111, [2] с.41-45, [3] с.35-45
2	Функціональні перетворення цифрових сигналів в цифровому каналі зв'язку. Порівняльний аналіз цифрових та аналогових каналів зв'язку. Зони «цифровізації» в межах функціональної структури цифрового каналу			Вибір індивідуальних завдань та тем рефератів. Опрацювання матеріалів лекції 1, підготовка до проведення електронного тестування 1, захист лабораторних робіт 1, виконання домашніх завдань практичного заняття 1, тестовий контроль збереження знань Т1	10	Літ.: [1] с.32-39; [2] с.21-30; [3] с. 35-39

1	2	3	4	5	6	7
3	Математичні моделі цифрових сигналів. Комп'ютерні моделі цифрових сигналів та каналів MATLAB	Дослідження впливу параметрів імпульсної піднесівної та амплітудно-імпульсної модуляції на форму та спектр.	Аналіз рівня спотворень передачі сигналів із імпульсними різновидами модуляції	Опрацювання матеріалів лекції 2, підготовка до лабораторної роботи 2, підготовка до практичної роботи 2, виконання індивідуальних завдань, підготовка до письмового опитування 1	8	Літ.: [1] с.277-308; [2] с.31-40, 168-185; [3] с.23-34 Літ.: [1] с.148-159, [2] с.41-52
4	Аналогово-цифрові перетворення для цифрового зв'язку. Амплітудно-імпульсна модуляція та демодуляція в дискретних каналах зв'язку			Опрацювання матеріалу лекції 3, підготовка до лабораторної роботи 2, захист результатів виконання лабораторної роботи 2, захист домашніх завдань практичної роботи 2, виконання індивідуальних завдань, підготовка до письмового опитування 1	10	Літ.: [1] с.41-52; [2] с.39-49
5	Імпульсно-кодова модуляція та демодуляція. Врахування надлишковості первинних джерел під час імпульсної модуляції. Диференційна імпульсно-кодова модуляція та демодуляція. Дельта-модуляція	Дослідження впливу способів синхронної амплітудно-імпульсної демодуляції на якість відтворення повідомлень	Порівняльний аналіз оптимального та квазіоптимального прийому цифрових сигналів в каналах із флуктуаційними завадами	Опрацювання матеріалу лекції 4, підготовка до лабораторної роботи 3, захист результатів виконання лабораторної роботи 2, підготовка до проведення практичної роботи 3, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 2	8	Літ.: [1] с.104-107; [2] с.52-63 Літ.: [1] с.211-227; [2] с.100-107; [3] с.46-49
6	Цифрова вузькосмугова модуляція. Багатомодова вузькосмугова модуляція. Формування логічних цифрових каналів			Опрацювання матеріалів лекції 5, підготовка до лабораторної роботи 3, захист результатів виконання лабораторної роботи 3, захист домашніх завдань із практичної роботи 3, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 2, тестовий контроль Т2	10	Літ.: [1] с.113-127; [2] с.72-78
7	Порівняльний аналіз різних видів вузькосмугової модуляції для застосування в фіксованому та мобільному зв'язку	Дослідження способів асинхронної квазіоптимальної демодуляції цифрових повідомлень	Раціональний вибір способів синхронізації каналів та їх параметрів	Опрацювання матеріалів лекції 6, підготовка до лабораторної роботи 4, захист результатів виконання лабораторної роботи 3, підготовка до проведення практичної роботи 4, виконання індивідуальних завдань, підготовка до письмового опитування 2	8	Літ.: [1] с.122-127, [2] с.41-78, [3] с.61-65 [1] с.620-659; [2] с.142-144

1	2	3	4	5	6	7
8	Основи оптимальної фільтрації цифрових сигналів. Імпульсна та пакетна оптимальна фільтрація. Оптимальна фільтрація цифрових сигналів під час маніпуляції із мінімальним частотним зсувом			Опрацювання матеріалів лекції 7, підготовка до лабораторної роботи 4, захист результатів виконання лабораторної роботи 4, захист результатів виконання домашнього завдання із практичної роботи 4, виконання індивідуальних завдань, підготовка до письмового опитування 2	8	Літ.: [1] с.148-164, [2] с.30-41, [3] с.133-142
9	Цифрові кодеки джерел мовних сигналів із втратами. Системи з частковим відгуком. Аналіз рівня спотворень систем із частковим відгуком та систем на основній частоті	Дослідження способів тактової та циклової цифрової синхронізації в цифрових каналах зв'язку під час дії завад	Синтез та аналіз цифрових ортогональних послідовностей та їх спектрів для забезпечення багатостанційного доступу	Опрацювання матеріалів лекції 8, підготовка до лабораторної роботи 5, підготовка до проведення практичної роботи 5, підготовка до проміжної контрольної роботи,	10	Літ.: [1] с.91-104, [2] с.30-41; [3] с.112-133,207-214 Літ.: [1] с.675-692; [2] с.144-161
10	Адаптивне цифрове кодування мовних сигналів. Імітація мовного тракту людини за допомогою вокодерів			Опрацювання матеріалів лекції 9, підготовка до лабораторної роботи 5, захист результатів виконання домашньої роботи із практичного заняття 5, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 3	9	Літ.: [1] с.91-104, [2] с.63-66; [3] с.232-237
11	Методи розширення спектру цифрових сигналів. Широкопasmова цифрова модуляція. Формування цифрового групового сигналу	Застосування цифрових ортогональних послідовностей для реалізації лінійного ущільнення-розділення цифрових сигналів	Способи синтезу оптимальних систем обробки для прийому цифрових сигналів	Опрацювання матеріалів лекції 10, підготовка до лабораторної роботи 6, захист результатів виконання лабораторної роботи 6, підготовка до проведення практичної роботи 6, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 3, тестовий контроль ТЗ	10	Літ.: [1] с.196-204, [2] с.110-126 Літ.: [1] с.742-752; [2] с.78-87; [3] с.98-101

1	2	3	4	5	6	7
12	Цифрове ущільнення логічних цифрових каналів та забезпечення множинного доступу у спільному середовищі поширення цифрових сигналів			Опрацювання матеріалів лекції 11, підготовка до лабораторних робіт 6, захист результатів лабораторної роботи 6, захист домашніх завдань практичної роботи 6, виконання індивідуальних завдань, підготовка до письмового опитування 3	8	Літ: [1] с.676-692, [2] с.164-161
13	Застосування Перетворення Фур'є, Лапласа та z-перетворення для обробки цифрових сигналів. Цифровий корелятор. Метод простору стану під час обробки цифрових сигналів	Застосування функцій Радемахера та Уолша для реалізації нелінійного ущільнення-розділення цифрових сигналів	Аналіз ефективності застосування цифрових систем розширення спектру для боротьби із завадами багатопроменевого поширення в мобільних системах	Опрацювання матеріалів лекції 12, підготовка до лабораторних робіт 7, захист результатів лабораторної роботи 6, підготовка до проведення практичної роботи 7, виконання індивідуальних завдань, підготовка до письмового опитування 3	10	Літ: [1] с.734-759, [2] с.100-110; [3] с.67-87 Літ.: [1] с.148-159, 204-210; [2] с.185-203; [3] с.84-97
14	Фільтрація цифрових сигналів за Калманом. Лінійний еквалайзер та критерії лінійного вирівнювання			Опрацювання матеріалів лекції 13, підготовка до лабораторних робіт 7, захист результатів лабораторної роботи 7, захист домашніх завдань із практичної роботи 7, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 4	8	Літ: [1] с.976-993, [2] с.203-208; [3] с.216-229
15	Нестационарні канали зв'язку. Адаптивний еквалайзинг	Дослідження квазіоптимального інтегрального фільтра на комутованих конденсаторах для виявлення цифрових сигналів	Синтез лінійних та нелінійних еквалайзерів для роботи мобільних телекомунікацій	Опрацювання матеріалів лекції 14, підготовка до лабораторної роботи 8, захист результатів виконання лабораторної роботи 7, підготовка до проведення практичної роботи 8, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 4, підготовка до захисту індивідуальних завдань	10	Літ: [1] с.983-1005, [2] с.152-156; [3] с.145-160 Літ.: [1] с.734-740; [3] с.162-169

1	2	3	4	5	6	7
16	Рекурентні алгоритми еквалайзингу в нестационарних каналах мобільного зв'язку. Еквалайзинг фільтрами Калмана та методом максимальної правдоподібності			Опрацювання матеріалів лекції 15, підготовка за захист результатів виконання лабораторної роботи 8, захист результатів виконання домашнього завдання із практичної роботи 8, виконання індивідуальних завдань, підготовка до проведення електронного тестування 4, підготовка до письмового опитування, підготовка до колоквиумів за результатами виконання завдань лабораторних та практичних робіт, тестовий контроль Т4	10	Літ: [1] с.355-395, [2] с.219-222
17	Метод стохастичного градієнтного типу в нестационарних каналах цифрового зв'язку. Вплив властивостей нестационарного каналу на якість отриманих даних	Застосування цифрових послідовностей максимальної довжини для реалізації процесу розширення спектрів цифрових сигналів та ущільнення цифрових потоків	Підсумковий контрольний захід	Опрацювання матеріалів лекцій 16-17, підготовка до підсумкового контролю	12	Літ: [1] с.244-265, [2] с.106-110, [3] с.236-259

Примітки:* Лабораторні (4год) та практичні (2 год) заняття проводяться раз у два тижні відповідно до розкладу занять..

Політика дисципліни

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально - методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції, лабораторні та практичні заняття згідно із розкладом, не запізнюватися на заняття.

Термін захисту лабораторної або практичної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі. Лабораторні та практичні роботи виконуються індивідуально, згідно з варіантами, що представлені у методичних вказівках до лабораторних робіт. У разі наявності плагіату (спроба представити до захисту лабораторну роботу іншого варіанту) здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати лабораторну роботу згідно із його варіантом. Індивідуальні завдання мають бути захищені не пізніше за два тижні до закінчення семестру.

Набутті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (<http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/006.pdf>).

Здобувачі вищої освіти під час аудиторних занять дисципліни можуть користуватись як наявним в аудиторіях кафедри комп'ютерним обладнанням, так і власними пристроями (ноутбуками, планшетами, смартфонами). Власними пристроями можна користуватися як для роботи в системі Moodle, так і для доступу до зовнішніх інформаційних ресурсів, які необхідні для виконання лабораторних, практичних робіт та курсового проектування.

Критерії оцінювання результатів навчання

Кожний різновид контролю з дисципліни ОЦЗ оцінюється за чотирибальною шкалою (2...5). Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи включаючи підсумковий контрольний захід, виконаних і зданих позитивно(3 бали і вище) з урахуванням вагових коефіцієнтів. Вагові коефіцієнти можуть змінюватись викладачем в залежності від необхідності більш справедливого та об'єктивного контролю засвоєння матеріалу з дисципліни на початку робочого семестру на етапі корегування робочої програми.

Оцінка, яка виставляється за практичне заняття, складається з таких елементів:

- відповіді на поточні запитання із матеріалу, що пройдено, в тому числі на лекції;
- результати проходження тестів у модульному середовищі;
- рівень інтерактивної взаємодії із викладачем під час аудиторного заняття;
- рівень виконання домашніх, додаткових та самостійних завдань, рефератів;
- результати бліц-тестування.
- захист та оформлення результатів письмового виконання домашнього завдання практичної роботи;
- рівень опанування студентами методик розрахунків, оцінювання та оперативності виконання практичної роботи;
- рівень компетенцій у володінні студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати отримані розрахункові результати;
- своєчасний захист практичних завдань.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається із наступних елементів:

- результати захисту та якість оформлення завдання для підготовки до лабораторної роботи;
- рівень опанування методів вимірювання та методик розрахунків під час виконання роботи;
- якість оформлення протоколу отриманих даних та форма представлення графічної та текстової частини лабораторної роботи;
- рівень компетенцій щодо використання спеціальної термінології, уміння професійно обґрунтувати отримані результати під час захисту лабораторної роботи;
- своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи та результатів практичної роботи вважається своєчасним, якщо студент оформив та захистив роботу на наступному після виконання роботи аудиторному занятті (не більше 2 тижнів). Пропущене аудиторне лабораторне або практичне заняття студент має відпрацювати в окремий, встановлений викладачем, термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до закінчення аудиторних занять у семестрі.

Підсумкова контрольна робота виконується в письмовій формі під час останнього практичного заняття. Завдання підсумкової роботи включає в себе 2-4 теоретичних запитання та 1-2 практичних задачі. Кожне запитання є елементом контролю та оцінюється за чотирибальною шкалою. Сумарна оцінка є середньоарифметичним значенням оцінювання кожного елементу. Підсумкова контрольна робота має найвищий ваговий коефіцієнт.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота								Самостійна, індивідуальна робота								Семестровий контроль, залік				
Практичні роботи № 1-№8				Лабораторні роботи № 1-№8				Тестовий контроль								Підсумковий контрольний захід				
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	Тема 1 (T1)	Тема 2 (T2)	Тема 3 (T3)	Тема 4 (T4)	Ваговий коефіцієнт 0,4
Ваговий коефіцієнт 0,2				Ваговий коефіцієнт 0,2				Ваговий коефіцієнт 0,2												

Електронне тестування проводиться в онлайн режимі в модульному середовищі для навчання (MOODLE) в рамках самостійної роботи. Для перевірки самостійності проходження електронних тестів тестування може бути проведено під час аудиторних робіт або під час консультації під наглядом викладача. Кожен електронний тест складається із 15-35 тестових завдань та охоплює тематику розділу курсу. Кожне тестове завдання оцінюється одним балом. Результати тесту пропорційно приводяться до 5-ти бальної дробової інституційної інтервальної шкали балів та фіксуються у загальному рейтингу за 4-бальною шкалою за таблицею, наведеною нижче.

Відсоток правильних відповідей у тесті	0%-59%	60%-74%	75%-89%	90%-100%
Оцінка за 4-бальною шкалою	2	3	4	5

Для відповіді на кожне завдання під час електронного тестування відводиться не більше 2 хвилин (залежно від тесту), наступна спроба проходження тесту можлива не раніше як за годину після закінчення попередньої. Кількість спроб виконання електронного тесту не більше 5. Кінцевий результат виставляється за найкращою спробою. Можливе попереднє включення тесту в режимі навчання. У випадку отримання негативної оцінки тестування проводиться повторно, не раніше ніж за тиждень в установленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю.

Бліц-тест проводиться письмово під час виконання лабораторних або практичних робіт, кількість завдань складає 10-20, решта вимог аналогічні поточному тестуванню. Перевірка та апеляція результатів тестування мають бути реалізовані до наступного аудиторного заняття. Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна інтервальна шкала балів	Інституційна оцінка, критерії		
<i>A</i>	4,75–5,00	5	Зараховано	<i>Відмінно</i> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок
<i>B</i>	4,25–4,74	4		<i>Добре</i> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
<i>C</i>	3,75–4,24	4		<i>Добре</i> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
<i>D</i>	3,25–3,74	3		<i>Задовільно</i> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
<i>E</i>	3,00–3,24	3		<i>Задовільно</i> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
<i>FX</i>	2,00–2,99	2	Незараховано	<i>Незадовільно</i> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
<i>F</i>	0,00–1,99	2		<i>Незадовільно</i> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

Питання для підсумкового контролю з дисципліни

1. Часові параметри цифрових сигналів як послідовності імпульсів. Взаємозв'язок часових параметрів сигналів для використання в каналах передачі.
2. Спектральні параметри цифрових сигналів, вплив параметрів на спектральні характеристики. Взаємозв'язок частотних параметрів сигналів для використання в каналах передачі.
3. Узагальнена структурна схеми цифрового каналу зв'язку. Функціональне перетворення сигналів в узагальненій схемі.
4. Математична модель форми цифрового сигналу. Логічні елементи формування цифрових сигналів. Запас завадостійкості цифрових логічних елементів. Методи збільшення запасу завадостійкості.
5. Застосування цифрових сигналів під час дії шумів різного рівня. Вибір порогу спрацьовування та точки контролю цифрового сигналу. Дослідження форми та спектру цифрових сигналів на приймальному боці каналу зв'язку.
6. Особливості цифрових каналів зв'язку порівняно із аналоговими, результати впливу завад на цифрові канали зв'язку. Тактичні характеристики цифрового каналу зв'язку.
7. Процес отримання цифрового сигналу на основі аналогового джерела за допомогою форматування. Структура процесу форматування. Функціональне призначення блоків форматування.
8. Різновиди амплітудно-імпульсної модуляції. Використання різновидів амплітудно-імпульсної модуляції залежно від особливостей каналу та джерела інформації.
9. Методики виявлення надлишковості джерел первинних повідомлень та шляхи її зменшення під час використання цифрової обробки.
10. Імпульсно-кодова модуляція. Варіанти, різновиди, переваги та недоліки застосування кожного із варіантів імпульсно-кодової модуляції.
11. Цифрова вузькосмугова модуляція, багатосмугова модуляція. Фазовий портрет під час модуляції. Модуляційне сузір'я.
12. Варіанти багатосмугової вузькосмугової цифрової модуляції, апаратна реалізація багатосмугової модуляції.
13. Ширококумова цифрова модуляція, апаратна реалізація ширококумової цифрової модуляції. Переваги та зони застосування ширококумової цифрової модуляції.
14. Адаптація застосування різновидів цифрової модуляції до умов дії випадкових завад певного типу в каналі цифрового зв'язку.
15. Синтез оптимального фільтру внутрішньоперіодної обробки цифрового сигналу на тлі флуктуаційних завад.
16. Трансверсальний оптимальний фільтр цифрових сигналів.
17. Побудова оптимальних фільтрів міжперіодної обробки цифрового сигналу.
18. Розбірливість мови та застосування принципів та методів цифрової обробки сигналів для передачі мовних сигналів із заданою розбірливістю.
19. Цифрове форматування мовних сигналів із врахуванням формантної теорії мови.
20. Стискання цифрового потоку мовного сигналу із мінімальною втратою якості.

21. Вокодерери та їх структурна та алгоритмічна будова. Параметри та налаштування вокодерів.
22. Індивідуальні та групові канали в багатоканальних цифрових системах. Апаратні та програмні способи ущільнення цифрових потоків.
23. Системні завади та нелінійна взаємодія під час нелінійного ущільнення цифрових сигналів в багатоканальних системах.
24. Око-діаграма цифрового сигналу. Способи отримання око-діаграм та базові принципи застосування її застосування для оперативного оцінювання якості цифрового каналу. Первинні та вторинні параметри око-діаграми під час аналізу якості цифрового каналу передачі. Вибір оптимального тестового сигналу для побудови око-діаграми.
25. Отримання значення ймовірнісних характеристик та параметрів якості цифрового каналу передачі на основі аналізу око-діаграм.
26. Прогресивні цифрові методи розширення спектрів цифрових сигналів. Обґрунтування необхідності розширення спектру для боротьби із завадами певних типів.
27. Скремблювання цифрових сигналів в нестационарних каналах передачі.
28. Лінійні та нелінійні корелятори для оптимальної обробки цифрових сигналів. Застосування теорії ортогональних перетворень для опису моделей цифрових кореляторів.
29. Теоретичні засади роботи фільтрів Калмана для виявлення цифрових сигналів в умовах флуктуаційних завад.
30. Задачі та методи лінійного еквалайзингу за умов багатопроменевого поширення в цифрових каналах передачі мобільного зв'язку.
31. Способи адаптивного еквалайзингу за умов багатопроменевого поширення сигналів в цифрових радіоканалах різних частотних діапазонів.
32. Способи та методи рекурсивного еквалайзингу в умовах багатопроменевого поширення в цифрових радіоканалах.
33. Прямий еквалайзинг складових сигналу з точки зору часу затримки окремих цифрових потоків в умовах сильних та слабких завмирань.
34. Комплексне вирішення забезпечення якості передачі даних в нестационарних цифрових каналах зв'язку.
35. Реалізація методу стохастичного градієнтного вирівнювання в нестационарних цифрових каналах зв'язку.

Рекомендована література

Основна

1. Сенько В.І. Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том 3. Цифрові пристрої/ В.І.Сенько - - Київ : Каравелла, 2023.- 400с
2. Теорія цифрових систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», освітньої програми «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / І. Р. Пархомей, В. П. Пасько, О. М. Польшакова, О. А. Стенін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.851 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 133 с.
3. Бортник, Г. Г. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах : підручник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 232 с.

Допоміжна

1. Наконечний А.Й. Цифрова обробка сигналів: навч. посіб./ А.Й.Наконечний, Р.А.Наконечний, В.А.Павлиш.– Львів:Львівська політехніка, 2010.– 368с.
2. Лосев Ю. І. Основи теорії передачі інформації : навчальний посібник / Ю. І. Лосев, С. І. Шматков ; за ред. Ю. І. Лосева. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013.– 292 с
3. Воробієнко П.П. [та ін.]. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К. : САММІТ- Книга, 2010.– 708 с.: іл.
4. Основи цифрового зв'язку : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів телекомунікаційних напрямів підготовки / О. С. Пивовар, Л. О. Ковтун. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 54 с.

9. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.
2. Електронна бібліотека університету . Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php.
3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/?locale=uk>.