

Зміст

Вступ.....	6
------------	---

1. Теоретичні основи сучасних цифрових систем радіозв'язку.

1.1 Радіочастотний діапазон і його використання для радіозв'язку.

1.1.1 Особливості використання радіочастотного діапазону для цифрового радіозв'язку.....	11
1.1.2 Поняття каналу і лінії радіозв'язку.....	15
1.1.3 Властивості каналу радіозв'язку.....	16

1.2 Цифрові канали радіозв'язку.

1.2.1 Базові характеристики цифрових каналів радіозв'язку.....	19
1.2.1.1 Засоби, комплекси та системи професійного радіозв'язку.....	19
1.2.1.2 Види сигналів в системах радіозв'язку.....	20
1.2.2 Статистичні характеристики радіосигналів і радіозавад.....	28
1.2.2.1. Статистичні характеристики радіосигналів.....	28
1.2.2.2 Статистичні характеристики радіозавад.....	32
1.2.2.3 Технічні характеристики каналів радіозв'язку.....	34

1.3 Характеристики фізичного середовища передачі радіосигналів і особливості розповсюдження радіохвиль

1.3.1 Способи поширення радіохвиль.....	73
1.3.2 Особливості поширення радіохвиль різних діапазонів.....	75
1.3.2.1 Діапазон частот 10 кГц...30 МГц.....	75
1.3.2.2 Діапазон частот 30 МГц...3 ГГц.....	78
1.3.2.3 Діапазон частот 3ГГц...20 ГГц.....	80
1.3.2.4 Діапазон частот вище 20 ГГц.....	84
1.3.3 Моделі розповсюдження радіохвиль і методи розрахунків втрат.....	86
1.3.3.1 Модель розповсюдження радіохвиль у вільному просторі.....	86
1.3.3.2. Модель Дежо (Deygout).....	88
1.3.3.3. Прогнозування розповсюдження радіохвиль у діапазоні 30 - 1000 МГц.....	92
1.3.3.4. Прогнозування розповсюдження радіохвиль у діапазоні 1 - 3 ГГц..	
1.3.3.5. Модель Nata розповсюдження радіохвиль.....	100
1.3.3.6. Модель COST-Nata розповсюдження радіохвиль у діапазоні 1500-2000 МГц.....	104
1.3.3.7. Метод розрахунку втрат розповсюдження радіохвиль за НСМ-алгоритм.....	105

1.4 Види модуляцій в цифрових каналах радіозв'язку

1.4.1 Поняття цифрової модуляції.....	107
1.4.2. Квадратурне представлення сигналу.....	107
1.4.3. Фазова маніпуляція.....	109

1.4.4. Квадратурно-амплітудна модуляція.....	111
1.4.5. Модуляція з декількома несущими.....	113
<u>1.5 Завадостійке кодування в системах цифрового радіозв'язку</u>	
1.5.1 Загальні принципи завадостійкого кодування і декодування.....	116
1.5.2 Класифікація завадостійких кодів.....	126
1.5.3 Блочні коди.....	126
1.5.4 Згорткові коди.....	128
1.5.5 Перемежування.....	133
1.5.6 Каскадне кодування.....	134
1.5.7 Турбо-кодування.....	135
<u>1.6 Технології розширення спектру сигналів.....</u>	138
1.6.1. Метод багаточастотного сигналу.....	139
1.6.2. Метод прямої послідовності (DSSS).....	143
1.6.3. Метод частотних стрибків (FHSS).....	147
<u>1.7 Захист інформації в цифрових системах радіозв'язку</u>	
1.7.1 Методи та алгоритми забезпечення інформаційної безпеки в мережах радіозв'язку стандарту GSM/GPRS	148
1.7.1.1 Механізми захисту від НСД, які передбачені стандартом GSM.....	148
1.7.1.2. Аналіз вразливості механізмів захисту від НСД, які передбачені стандартом GSM.....	159
1.7.1.3 Використання алгоритмів шифрування та аутентифікації в мережах стільникового зв'язку стандарту GSM.....	166
1.7.2 Особливості захисту інформації в мережах стандарту CDMA.....	171
<u>1.8 Якість радіозв'язку</u>	
1.8.1 Характеристики (критерії) якості радіозв'язку.....	175
1.8.2 Якість радіозв'язку при використанні різних видів сигналів.....	177
<u>1.9 Надійність радіозв'язку</u>	
1.9.1 Надійність радіозв'язку на закріплених частотах.....	183
1.9.2 Надійність радіозв'язку на групі частот.....	191
1.9.2.1 Надійність короткохвильового радіозв'язку на групі частот.....	192
1.9.2.2 Надійність радіозв'язку на ультракоротких хвилях.....	194
<u>1.10 Завадостійкість систем багаточастотних широкосмугових сигналів (OFDM)</u>	
1.10.1 Ансамбль широкосмугових сигналів з багатьма піднесущими..	209
1.10.2 Оцінка завадостійкості прийому широкосмугового багаточастотного сигналу.....	211
1.10.3. Особливості застосування багато частотного сигналу для передачі інформації в багатопромених каналах зв'язку.....	213

Лабораторний практикум «Дослідження завадостійкості радіотрактів систем радіозв'язку»:

1. Тракт BPSK-AWGN з автоматичним підстроюванням фази.....215
2. Дослідження завадостійкості тракту QPSK-AWGN.....219
3. Дослідження завадостійкості тракту FSK-AWGN.....221

2. Особливості побудови і функціонування систем і мереж радіозв'язку.

<u>2.1 Класифікація радіотехнологій та систем радіозв'язку.....</u>	225
<u>2.2 Аналоговий короткохвильовий радіозв'язок.....</u>	227
2.2.1. Загальні відомості про РЕЗ аналогового КХ зв'язку.....	227
2.2.2. Системи аналогового КХ зв'язку.....	229
2.2.3 Системи аналогового КХ персонального зв'язку.....	232
2.2.4 Основні особливості КХ персонального зв'язку, організації його мереж та технічних параметрів радіовипромінювання.....	239
<u>2.3 Системи УКХ радіозв'язку</u>	
2.3.1. Загальні відомості про системи УКХ радіозв'язку.....	233
2.3.2. Системи конвенціонального радіозв'язку.....	235
2.3.3. Система радіально-зонового зв'язку „Алтай”.....	236
<u>2.4 Основи побудови автоматизованих комплексів радіозв'язку.</u>	
2.4.1 Принципи побудови частотно-адаптивних радіоліній.....	239
2.4.2 Принципи побудови автоматизованих адресних систем радіозв'язку.....	246
<u>2.5 Мережі радіозв'язку з часовим розподілом каналів</u>	
2.5.1 Мережа стільникового зв'язку стандарту GSM/GPRS.....	251
2.5.1.1. Структура мережі стільникового рухомого зв'язку стандарту GSM для реалізації мовних услуг.....	251
2.5.1.2 Розширення базової конфігурації мережі GSM/GPRS.....	251
2.5.1.3 Інтерфейси мереж GSM/GPRS.....	254
2.5.1.4 Канальне кодування в мережах зв'язку стандарту GSM.....	260
2.5.1.5 Білінгова система.....	262
2.5.1.6 WAP-платформа.....	266
2.5.1.7. SMS-платформа.....	280
2.5.1.8. MMS-платформа.....	283
2.5.1.9. Prepaid-платформа.....	287
2.5.1.10. WEB-платформи.....	290
2.5.2 Система цифрового транкінгового радіозв'язку стандарту TETRA..	293
2.5.2.2.1 Принципи побудови TETRA.....	293
2.5.2.2.2 Функції систем TETRA.....	294
2.5.2.2.3 Типи викликів у системі TETRA.....	298
2.5.2.2.4 Склад системи TETRA.....	299

2.5.2.2.5 Системотехнічні особливості стандарту TETRA.....	299
<u>2.6 Мережі зв'язку з кодовим розподілом каналів</u>	
2.6.1 Загальна характеристика систем стільникового зв'язку CDMA.....	310
2.6.2 Мережі на базі технології WCDMA.....	321
<u>2.7 Системи фіксованого і персонального супутникового зв'язку.</u>	
2.7.1. Загальні відомості про РЕЗ супутникового зв'язку	327
2.7.1.1 Земні станції супутникового зв'язку.....	328
2.7.1.2 Космічні станції.....	332
2.7.2 Супутники зв'язку і мовлення нового покоління.....	336
2.7.2.1 Російське супутникове угруповання.....	336
2.7.2.2 Геоестаціонарні супутники зв'язку і мовлення нового покоління.....	339
2.7.2.3 Ключові технології супутників нового покоління.....	341
<u>2.8 Радіорелейні системи передачі</u>	
2.8.1 Загальні відомості про радіорелейні системи.....	344
2.8.2. Основні принципи побудови наземних цифрових радіорелейних систем.....	347
2.8.2.1 Архітектура цифрових радіорелейних систем.....	348
2.8.2.2 Цифровий передавач.....	349
2.8.2.3 Цифровий приймач.....	351
<u>2.9. Тропосферні системи передачі.....</u>	
2.9.1 Загальні характеристики тропосферного зв'язку.....	355
2.9.2 Особливості тропосферного зв'язку	357
2.9.3 Структура і принципи побудови тропосферних систем передачі.....	358
2.9.4 Аналіз характеристик сучасних тропосферних станцій.....	362
<u>2.10 Мережі широкосмугового безпроводового доступу</u>	
2.10.1 Історія розвитку і становлення стандарту IEEE 802.16.....	368
2.10.2 Фізичний рівень стандарту IEEE 802.16.....	369
<u>2.11 Мікростільникові мережі стандарту Bluetooth</u>	
2.11.1 Стандарти Bluetooth і HomeRF.....	374
2.11.2 Архітектура і логічна структура мережі Bluetooth.....	375
2.11.3 Структура пристроїв Bluetooth.....	380
2.11.4 Типи антен для мереж Bluetooth.....	384
<u>2.12 Принципи побудови сенсорних мереж</u>	
2.12.1 Поняття при сенсорну мережу.....	388
2.12.2 Архітектура сенсорної мережі.....	391
2.12.3 Архітектура сенсору.....	395

2.12.4. Радіоінтерфейс.....	397
2.12.5 Перспективи розвитку сенсорних мереж.....	400

<u>Лабораторний практикум «Моделювання процесів тракту передачі Bluetooth».....</u>	<u>417</u>
---	------------

3. Основи системного проектування систем і мереж цифрового радіозв'язку.

<u>3.1 Основи теорії трафіку систем і мереж радіозв'язку.....</u>	<u>418</u>
3.1.1. Поняття і параметри абонентського навантаження, якості обслуговування.....	418
3.1.2. Основи теорії масового обслуговування.....	421
3.1.3. Математична модель системи масового обслуговування з блокуванням виклику.....	427
3.1.4. Математична модель системи масового обслуговування з постановкою в нескінченну чергу.....	428
3.1.5. Проектування системи зв'язку на основі вимог інтенсивності трафіку, що реалізовується.....	430
<u>3.2 Принципи енергетичного розрахунку радіоліній зв'язку.....</u>	<u>432</u>
<u>3.3 Вплив характеристик обладнання тракту передавання (приймання) цифрової інформації на завадостійкість радіоканалу</u>	
3.3.1 Призначення вузлів лінійного тракту.....	439
3.3.2 Основні параметри каналу радіозв'язку і фактори, що характеризують ефективність його використання.....	440
3.3.3 Використання поняття втрат завадостійкості каналу зв'язку при оцінці ефективності радіолінії.....	445
<u>3.4 Розрахунок зон радіопокриття базових станцій транкінгових мереж зв'язку.....</u>	<u>449</u>
<u>3.5 Розрахунок основних параметрів стільникової мережі радіозв'язку.</u>	
3.5.1 Розрахунок величини дуплексного розносу між частотними каналами.....	463
3.5.2 Розрахунок загальної кількості частотних каналів.....	463
3.5.3 Розрахунок розмірності кластера.....	463
3.5.4 Розрахунок кількості каналів.....	470
3.5.5 Розрахунок допустимого телефонного навантаження.....	470
3.5.6 Розрахунок кількості абонентів, які обслуговуються однією базовою станцією.....	470

3.5.7 Розрахунок необхідної кількості базових станцій.....	470
3.5.8 Розрахунок радіуса зони базової станції.....	472
3.5.9 Розрахунок величини захисної відстані.....	472
3.5.10 Розрахунок потужності передавача базової станції.....	472
3.5.11 Розрахунок імовірності помилки.....	474
<u>3.6. Методика розрахунку цифрової радіорелейної лінії прямої видимості..</u>	475
3.6.1 Розрахунок основних характеристик цифрової радіорелейної лінії на основі апаратури РАДАН – 2М*Е1.....	476
3.6.1.1 Розрахунок плану розрахунку частот.....	476
3.6.1.2 Визначення середньої довжини хвилі λ_{cp} робочого ствола.....	476
3.6.1.3 Визначення і побудова профілю інтервалу радіорелейної лінії.....	477
3.6.1.4 Визначення висоти підвісу антен.....	479
3.6.1.5 Розрахунок відсотку часу зриву зв'язку.....	481
3.6.1.6 Перевірка стійкості зв'язку на всій лінії.	484
<u>3.7 Частотно-територіальне планування та електромагнітна сумісність в мережах цифрового радіозв'язку.....</u>	485
3.7.1 Частотне планування мереж радіозв'язку.....	487
3.7.2 Основні види взаємних завад і їх вплив на систему радіозв'язку.....	492
3.7.2.1 Рівняння подавлення лінії радіозв'язку.....	492
3.7.2.2 Вплив завад з ІКМ (ХІЗ).....	494
3.7.2.3 Вплив маскуючих завад.....	503
<u>3.8 Оптимізаційні методи проектування розміщення структурних елементів систем цифрового радіозв'язку.....</u>	507
3.8.3.1 Постановка задачі синтезу систем цифрового радіозв'язку в рамках вирішення проблеми електромагнітної сумісності.....	508
3.8.3.2 Розрахунок мінімально допустимих розладів між робочими частотами радіолінії.....	512
3.8.3.3 Оптимальне регулювання потужності передавачів у системі цифрового радіозв'язку.....	515
<u>3.9 Оптимальне проектування сенсорної мережі</u>	
3.9.1 Постановка задачі проектування сенсорної мережі.....	519
3.9.2 Побудова математичної моделі сенсорної мережі.....	524
3.9.3 Розрахунок основних параметрів сенсорних мереж.....	531
<u>4. Діагностика і тестування в системах та мережах цифрового радіозв'язку.....</u>	541
<u>4.1 Вимірювання параметрів засобів цифрового радіозв'язку.....</u>	542
4.1.1 Особливості виміру параметрів цифрових радіостанцій.....	542
4.1.2 Методики виміру параметрів.....	544

<u>4.2</u>	<u>Методики вимірювання основних параметрів радіовипромінювання</u>	
4.2.1	Методика вимірювання девіації частоти РЕЗ.....	557
4.2.2	Методика вимірювання напруженості електромагнітного поля Випромінювання.....	561
4.2.3	Методика інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів.....	564
<u>4.3</u>	<u>Вимірювання параметрів побічних випромінювань</u>	
4.3.1	Методи вимірювань.....	572
4.3.2	Вимірювання напруженості поля і густини потоку потужності.....	573
4.3.3	Вимірювання потужності побічних випромінювань у фідерному тракті.....	575
4.3.4	Вимірювання потужності побічних випромінювань на активному широкосмуговому навантаженні.....	576

5. Перспективні напрямки розвитку систем та мереж цифрового радіозв'язку

<u>5.1</u>	<u>Алгоритми формування та обробки сигналів у системах радіозв'язку нового покоління</u>	
5.1.1	Турбокодування.....	579
5.1.2	Просторово-тимчасове кодування.....	579
5.1.3	Багатокористувальний прийом.....	580
5.1.4	Проблеми і рішення в системах зв'язку четвертого покоління.....	583
<u>5.2</u>	<u>Стан та перспективи розвитку приймальних пристроїв для систем цифрового радіозв'язку.....</u>	586
<u>5.3</u>	<u>Цифрове формування діаграми направлення в антенних решітках комплексів цифрового радіозв'язку нового покоління</u>	
5.3.1.	Цифрова антенна решітка (ЦАР).....	593
5.3.2.	Цифровий приймач проекту SUNBEAM.....	598
<u>5.4</u>	<u>Системи цифрового радіозв'язку нового покоління на базі технології LTE</u>	
5.4.1.	Етапи розвитку технології LTE.....	605
5.4.2.	Основні характеристики LTE-SAE.....	606
5.4.3	Загальний опис архітектури	608
5.4.4	Принципи побудови радіоінтерфейсу за технологією LTE.....	612

6. Стан та проблеми визначення впливу електромагнітного випромінювання сучасних засобів цифрового зв'язку на здоров'я людини

6.1	Аналіз стану та актуальних проблем при визначенні впливу електромагнітного випромінювання сучасних мобільних засобів зв'язку...627
6.2	Короткий огляд сучасного обладнання для вимірювання SAR.....632