

# ЗМІСТ

Вступ .....	9
<b>Розділ 1. Принципи формування каналних сигналів абонентським обладнанням систем передавання .....</b>	<b>11</b>
1.1. Призначення багатоканальних систем передавання .....	11
1.1.1. Приклад лінійного обладнання вузла зв'язку .....	16
1.2. Телеграфні сигнали і сигнали передавання даних .....	22
1.3. Рекомендації МККТТ для основних видів повідомлень .....	23
1.3.1. Псофометричний шум .....	25
1.3.2. Фазочастотні спотворення мовного сигналу .....	26
1.4. Оцінка кількісних співвідношень в системах передавання .....	28
1.5. Класифікація відносних величин рівнів передавання сигналу .....	34
1.6. Одно- і двонаправлені системи передавання .....	39
1.6.1. Гіпотетична модель каналу тональної частоти .....	42
1.6.2. Нерівномірність амплітудно-частотної характеристики каналу тональної частоти .....	43
1.6.3. Явище електричного ехо .....	45
<b>Розділ 2. Принципи побудови та алгоритм утворення групових трактів у системах передавання з частотним розділенням каналів .....</b>	<b>48</b>
2.1. Методи модуляції в системах зв'язку .....	48
2.1.1. Методи прийому (демодуляція) .....	53
2.1.2. Критерії вибору методу модуляції для провідних систем передавання .....	56
2.2. Принцип побудови систем передавання з частотним розділенням каналів .....	59
2.2.1. Метод формування каналних сигналів .....	59
2.2.2. Принципи частотного розділення каналів .....	62
2.3. Структура багатоканальної системи передавання з частотним розділенням каналів .....	63
2.4. Класифікація аналогових систем передавання .....	68
2.4.1. Системи передавання для магістральної ділянки первинної мережі .....	68
2.4.2. Системи передавання для зонової ділянки первинної мережі .....	72
2.4.3. Системи передавання для місцевої ділянки первинної мережі .....	76
2.4.4. Система абонентського високочастотного ущільнення .....	79
2.5. Загальні характеристики лінійного тракту СП .....	82
2.6. Класифікація та методи оцінки завад у каналах зв'язку .....	86
2.7. Вплив шумів і завад та загасання в лінійному тракті на дальність дії зв'язку .....	91
2.7.1. Розрахунок довжини підсилювальних ділянок лінійного тракту .....	93
2.7.2. Вибір рівнів передавання під час проектування каналу зв'язку .....	97
2.7.3. Оцінка ступеня завантаженості каналів і трактів .....	98
<b>Розділ 3. Принципи побудови цифрових систем передавання з часовим розділенням каналів та імпульсно-ковою модуляцією .....</b>	<b>101</b>
3.1. Основні особливості цифрових систем передавання інформації .....	101

3.2. Використання амплітудноімпульсної модуляції для створення цифрових систем передавання інформації.....	103
3.3. Основні характеристики імпульсних послідовностей .....	110
3.3.1. Порівняння властивостей сигналів, утворених аналоговими та цифровими системами передавання.....	112
3.3.2. Принцип роботи перетворювача АІМ-1 у АІМ-2 .....	115
3.3.3. Вибір частоти дискретизації для спектру частот типової перетворювальної апаратури аналогового ущільнення.....	116
3.4. Нелінійне кодування телефонних сигналів у цифрових системах передавання з імпульсно-кодовою модуляцією.....	118
3.4.1. Аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення сигналів.....	120
3.4.2. А і $\mu$ – закони квантування .....	122
3.5. Принципи побудови кінцевих станцій з імпульсно-кодовою модуляцією.....	126
3.5.1. Структурна схема первинної цифрової системи передавання ІКМ-30 .....	126
3.5.2. Послідовність перетворення телефонного мовного сигналу в ЦСП з ІКМ .....	129
3.6. Формування структури циклу передавання потоку Е1.....	130
3.7. Методи забезпечення синхронізації в цифрових системах передавання інформації .....	136
3.8. Ієрархічний метод нарощування швидкості передавання в цифрових системах передавання.....	141
3.9. Структура побудови кінцевих цифрових станцій із групоутворенням .....	142
3.10. Параметри цифрових систем передавання з імпульсно-кодовою модуляцією.....	150
3.10.1. Субпервинні системи цифрові системи передавання .....	150
3.10.2. Первинні цифрові системи передавання.....	151
3.10.3. Вторинні цифрові системи передавання .....	154
3.10.4. Третинні цифрові системи передавання .....	158
3.10.5. Четвертинні цифрові системи передавання .....	161
3.11. Методика визначення номінальної довжини регенераційної ділянки для провідних цифрових систем передавання .....	164
3.11.1. Методика визначення номінальної довжини регенераційної ділянки однокабельної ЦСП.....	164
3.11.2. Визначення допустимого значення завадозахищеності ЦСП.....	166
3.11.3. Методика визначення номінальної довжини регенераційної ділянки двокабельної ЦСП.....	169
3.11.4. Методика визначення кількості регенераційних ділянок та місць розташування не обслуговуваних регенераційних пунктів .....	171
3.12. Технічна експлуатація каналів та трактів цифрових систем передавання інформації .....	174
3.12.1. Параметри каналів та трактів цифрових систем передавання .....	174
3.12.2. Загальні мережеві вимоги до ЦСП.....	176

3.12.3. Вимірювання параметрів каналів ЦСП.....	179
3.13. Технічне обслуговування систем передавання.....	180
3.13.1. Зміст та методи технічного обслуговування.....	180
3.13.2. Характеристики методів технічного обслуговування.....	183
3.13.3. Організація технічного обслуговування.....	189
3.13.4. Основні показники технічного обслуговування.....	191
3.13.5. Проведення ремонту обладнання систем передавання.....	196
3.13.6. Виміри та налаштування каналів та трактів систем передавання.....	198
<b>Розділ 4. Синхронна цифрова ієрархія.....</b>	<b>206</b>
4.1. Передумови створення синхронної цифрової технології.....	206
4.1.1. Недоліки асинхронних систем.....	206
4.1.2. Переваги синхронної цифрової технології.....	207
4.1.3. Особливості побудови синхронної цифрової ієрархії.....	214
4.1.4. Узагальнена схема мультиплексування потоків SDH.....	217
4.2. Формування структури модуля STM-1.....	222
4.2.1. Розміщення контейнерів в модулі STM-1.....	222
4.2.2. Логічне формування модуля STM-1 з трибу E1 за схемою ETSI.....	223
4.2.3. Мультиплексування структурних елементів STM-1 за схемою байт-інтерлівінгу.....	225
4.2.4. Структура заголовків фреймів STM-N.....	229
4.3. Функціональні модулі SDH-мереж.....	230
4.3.1. Типи і завдання функціональних модулів SDH-мереж.....	231
4.3.2. Типи та функціональні можливості мультиплексорів SDH-мереж.....	232
4.4. Базові топологічні рішення для SDH-мереж.....	241
4.5. Аналіз типових архітектурних рішень SDH-мережі.....	247
4.6. Сегментація SDH-мереж та класифікація оптичних інтерфейсів.....	250
4.7. Управління SDH-мережею.....	252
4.7.1. Мережа управління на основі вбудованих каналів зв'язку.....	252
4.7.2. Службові канали і зовнішні інтерфейси.....	255
4.8. Синхронізація SDH-мереж.....	257
4.8.1. Методи синхронізації SDH-мереж.....	258
4.8.2. Режими роботи і якість синхронізуючого джерела.....	259
4.9. Методи захисту синхронних потоків.....	266
4.10. Технічні характеристики мультиплексорного обладнання та їх апаратурна реалізація.....	269
<b>Розділ 5. Волоконно-оптичні системи передавання інформації.....</b>	<b>277</b>
5.1. Принципи функціонування волоконно-оптичної системи передавання.....	279
5.2. Конструкція та основні характеристики оптичного волокна.....	281
5.3. Вибір та формування сигналів у цифрових трактах ВОСП.....	283
5.3.1. Вимоги до цифрових сигналів.....	283
5.3.2. Характеристики цифрових послідовностей та їхні енергетичні спектри.....	284
5.4. Принцип передавання та прийому сигналів у ВОСП.....	286

---

5.4.1. Джерела випромінювання: принцип дії, параметри, конструкції .....	286
5.5. Методика інженерного проектування ВОСП .....	299
5.5.1. Послідовність проектування ВОСП.....	299
5.5.2. Методика вибору компонентів під час проектування ВОСП .....	303
5.5.3. Розрахунок параметрів цифрового тракту ВОСП.....	305
5.6. Спектральне ущільнення оптичних сигналів.....	312
5.6.1. Оптичне мультиплексування з розділенням за довжиною хвилі.....	312
5.6.2. Класифікація WDM на основі канального плану.....	313
5.7. Історія розвитку волоконно-оптичного зв'язку.....	319
5.7.1. Причини зростання обсягів інформації.....	319
5.7.2. Характеристики фотоприймачів .....	340
5.7.3. Пристрої оптичної крос-комутації .....	343
5.7.4. Принцип роботи оптичних розгалужувачів .....	345
5.7.5. Пристрої компенсації дисперсії.....	345
5.7.6. Мультиплексори і демультиплексори.....	346
5.7.7. Оптичні мультиплексори вводу/виводу каналів .....	355
5.7.8. Оптичні підсилювачі.....	356
5.7.9. Оптичне волокно.....	366
5.8. Порівняння технологій WDM і TDM.....	369
5.8.1. Пропускна спроможність оптичних ліній зв'язку .....	369
5.8.2. Принципи нарощування швидкості передавання у ВОЛЗ.....	370
5.9. Основні недоліки технології DWDM.....	372
5.10. Характериститки оптичних мультиплексорів і демультиплексорів .....	374
5.10.1. Критерії ефективності оптичних каналів .....	375
5.10.2. Поляризаційні явища оптичного випромінювання.....	383
5.10.3. Залежність втрат від довжини оптичної хвилі.....	386
5.10.4. Спрямованість.....	388
5.10.5. Втрати на відбитті.....	389
5.11. Дисперсійні властивості оптичного волокна .....	390
5.11.1. Хроматична дисперсія.....	390
5.11.2. Поляризаційна модова дисперсії.....	394
5.11.3. Поляризаційна модова дисперсія другого порядку.....	400
5.11.4. Нелінійні ефекти волоконної оптики .....	401
5.12. Оптичні підсилювачі.....	407
5.12.1. Підсилене спонтанне випромінювання.....	411
5.12.2. Характеристика джерел оптичного випромінювання .....	419
5.12.3. Модулятори передавача .....	420
5.12.4. Стабілізатори довжини хвилі .....	421
5.13. Характеристика приймачів оптичного випромінювання.....	421
5.14. Компенсатори дисперсії.....	422
5.15. Маршрутизація оптичних сигналів.....	423
5.16. Атенюатори.....	424
5.17. Ізолятори .....	424
5.18. Огляд компонентів систем DWDM.....	425

5.19. Оптичні джерела для тестування.....	427
5.20. Приймачі для тестування системи WDM.....	428
5.20.1. Вимірювачі потужності випромінювання.....	429
5.20.2. Аналізатори оптичного спектру.....	429
5.20.3. Вимірювачі довжини хвилі.....	432
5.21. Типові конфігурації тестування компонентів.....	433
5.21.1. Мультиплексори / демупльтиплексори системи DWDM.....	434
5.21.2. Тестування оптичних перемикачів.....	444
5.21.3. Методи вимірювання параметрів джерел оптичного випромінювання.....	445
5.21.4. Тестування оптичних приймачів.....	447
5.21.5. Підсилювачі EDFA.....	447
5.21.6. Брегівські решітки.....	459
5.21.7. Ізолятори.....	460
5.21.8. Схема вимірювання хроматичної дисперсії.....	461
5.22. Кліматичні випробування волоконно-оптичних компонентів.....	474
5.23. Тестування в польових умовах.....	476
5.23.1. Вимірювач оптичних втрат.....	476
5.23.2. Рефлектометр.....	476
5.23.3. Вимірювач втрат на відбиття.....	477
5.23.4. Установка для вимірювання PMD.....	479
5.24. Навіщо потрібні стандарти?.....	481
5.25. Як встановлюються стандарти?.....	482
5.26. Організації, що розробляють стандарти для систем DWDM.....	483
5.26.1. Міжнародний телекомунікаційний союз ІТУ.....	483
5.26.2. Міжнародна електротехнічна комісія LEC.....	486
5.26.3. Асоціація телекомунікаційної промисловості ТІА.....	491
5.27. Невирішені питання.....	493
5.28. Розширення області застосування DWDM.....	494
5.29. Технологія DWDM в міських мережах.....	495
5.30. Вагоме збільшення продуктивності.....	498
5.31. Вплив на питання тестування.....	499
5.32. Основні напрямки розвитку технології DWDM.....	500
5.33. Перспективи нарощування пропускних здатностей ВОЛЗ.....	502
5.34. Розвиток компонентної бази ВОСПі.....	503
5.35. Тенденції розвитку ВОЛЗ надвисокої пртяжності.....	504
<b>Розділ 6. Радіорелейні системи передавання інформації.....</b>	<b>506</b>
6.1. Принципи побудови лінійного тракту РРСП.....	506
6.2. Характеристики діапазону частот для РРСП.....	507
6.3. Огляд існуючих типів радіорелейних систем.....	511
6.4. Функціональні схеми кінцевих, вузлових та проміжних станцій РРЛ.....	512
6.5. Використання безпроводних технологій для організації локальних комп'ютерних мереж.....	518
6.6. Узагальнена структурна схема сучасної цифрової РРС.....	520

---

6.7. Вибір місць розташування станцій РРЛ, побудова профілів прольотів і вибір висот підвісу антен .....	523
6.8. Методи підвищення стійкості зв'язку на прольотах ЦРРЛ .....	527
6.9. Поняття зони Френеля, множник послаблення електромагнітного поля .....	528
6.10. Методика проведення плану розподілу частот для РРСП .....	532
6.11. Особливості проектування радіорелейних ліній зв'язку .....	535
6.11.1. Визначення висот підвісу антен .....	538
6.11.2. Методика розрахунку рівнів сигналів на ділянках траси .....	540
6.11.3. Розрахунок показників якості РРЛ прольоту .....	543
<b>Розділ 7. Перспективні транспортні технології передавання інформації ..</b>	<b>549</b>
7.1. Принципи побудови мереж передавання мультимедійних даних .....	549
7.2. Принципи і можливості технології мереж із маршрутизацією пакетів .....	551
7.2.1. Передавання голосу мережами Frame Relay (VoFR) .....	552
7.2.2. Передавання голосу мережами IP (VoIP) .....	555
7.2.3. Передавання голосу мережами ATM (VoATM) .....	562
7.3. Технологія багатопроTOCOLьної комутації міток MPLS .....	566
7.4. Методи оцінки якості мовного трафіку в мережах із комутацією пакетів .....	569
<b>Розділ 8. Тенденції розвитку методів компресії звукових сигналів .....</b>	<b>574</b>
8.1. Ефективність алгоритмів компресії мовного сигналу .....	574
8.2. Основні алгоритми кодування мови, що використовуються в ситемах передавання .....	577
8.3. Кодеки, стандартизовані ITU-T .....	579
8.4. Огляд алгоритмів кодування форми мовних сигналів .....	582
8.4.1. Диференціальна імпульсно-кодова модуляція .....	582
8.4.2. Дельта-модуляція з компандуванням .....	589
8.5. Вокодери стандартизовані ITU-T .....	594
8.6. Рекомендації щодо використання описаних методів компресії і кодування мовних сигналів .....	598
<b>Список літератури .....</b>	<b>601</b>
<b>Додатки .....</b>	<b>605</b>