

# ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	9
<b>Розділ 1. Принципи формування багатоканальних сигналів систем передавання</b> .....	11
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
1.6.4. Компенсація сигналів електричного і акустичного ехо.....	48
<b>Розділ 2. Побудова групових трактів у системах передавання із частотним розділенням каналів</b> .....	54
2.1. Методи модуляції в системах зв'язку.....	54
2.1.1. Методи прийому (демодуляція) .....	59
2.1.2. Критерії вибору методу модуляції для провідних систем передавання .....	62
2.2. Принцип побудови систем передавання з частотним розділенням каналів .....	65
2.2.1. Метод формування канальних сигналів.....	65
2.2.2. Принципи частотного розділення каналів .....	68
2.3. Структура багатоканальної системи передавання з частотним розділенням каналів .....	69
2.4. Загальні характеристики лінійного тракту СП.....	74
2.5. Класифікація та методи оцінки завад у каналах зв'язку .....	78
2.6. Вплив шумів і завад та загасання в лінійному тракті на дальність дії зв'язку .....	84
2.6.1. Розрахунок довжини підсилювальних ділянок лінійного тракту.....	86
2.6.2. Вибір рівнів передавання під час проектування каналу зв'язку .....	90
<b>Розділ 3. Цифрові системи передавання з часовим розділенням каналів та імпульсно-ковою модуляцією</b> .....	92
3.1. Основні особливості цифрових систем передавання інформації.....	92

---

3.2. Амплітудно-імпульсна модуляція для створення цифрових систем передавання інформації.....	94
3.3. Основні характеристики імпульсних послідовностей .....	100
3.3.1. Порівняння властивостей сигналів, утворених аналоговими та цифровими системами передавання.....	103
3.3.2. Принцип роботи перетворювача АІМ-1 в АІМ-2 .....	106
3.3.3. Вибір частоти дискретизації для спектру частот типової перетворювальної апаратури аналогового ущільнення .....	107
3.4. Нелінійне кодування телефонних сигналів у цифрових системах передавання з імпульсно-кодовою модуляцією .....	109
3.4.1. Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення сигналів .....	111
3.4.2. А і $\mu$ -закони квантування .....	113
3.5. Принципи побудови кінцевих станцій з імпульсно-кодовою модуляцією.....	117
3.5.1. Структурна схема первинної цифрової системи передавання ІКМ .....	117
3.5.2. Послідовність перетворення телефонного мовного сигналу в ЦСП з ІКМ .....	120
3.6. Формування структури циклу передавання потоку Е1 .....	121
3.7. Методи забезпечення синхронізації у цифрових системах передавання інформації .....	127
3.8. Ієрархічний метод нарощування швидкості передавання у цифрових системах передавання.....	132
3.9. Структура побудови кінцевих цифрових станцій з групоутворенням .....	133
3.10. Параметри цифрових систем передавання з імпульсно-кодовою модуляцією.....	133
3.10.1. Первинні цифрові системи передавання.....	141
3.10.2. Вторинні цифрові системи передавання.....	145
3.10.3. Третинні цифрові системи передавання .....	148
3.10.4. Четвертинні цифрові системи передавання .....	152
3.11. Методика визначення номінальної довжини регенераційної ділянки для провідних цифрових систем передавання .....	155
3.11.1. Методика визначення номінальної довжини регенераційної ділянки однокабельної ЦСП .....	155
3.11.2. Визначення допустимого значення заводо захищеності ЦСП.....	157
3.11.3. Методика визначення номінальної довжини регенераційної ділянки двокабельної ЦСП.....	160

3.1.1.4. Методика визначення кількості регенераційних ділянок та місць розташування необслуговуваних регенераційних пунктів.....	162
3.12. Технічна експлуатація каналів і трактів цифрових систем передавання інформації.....	165
3.12.1. Параметри каналів та трактів цифрових систем передавання.....	165
3.12.2. Загальні мережеві вимоги до ЦСП.....	167
3.12.3. Вимірювання параметрів каналів ЦСП.....	170
<b>Розділ 4. Системи передавання інформації</b>	
<b>на основі синхронної цифрової ієрархії.....</b>	<b>172</b>
4.1. Передумови створення синхронної цифрової технології.....	172
4.1.1. Недоліки асинхронних систем.....	172
4.1.2. Переваги синхронної цифрової технології.....	173
4.1.3. Особливості побудови синхронної цифрової ієрархії.....	180
4.1.4. Узагальнена схема мультиплексування потоків SDH.....	183
4.2. Формування структури модуля STM-1.....	188
4.2.1. Розміщення контейнерів у модулі STM-1.....	188
4.2.2. Логічне формування модуля STM-1 із трибу E1 за схемою ETSI.....	189
4.2.3. Мультиплексування структурних елементів STM-1 за схемою байт-інтерлівінгу.....	191
4.2.4. Структура заголовків фреймів STM-N.....	195
4.3. Функціональні модулі SDH-мереж.....	196
4.3.1. Типи і завдання функціональних модулів SDH-мереж.....	197
4.3.2. Типи та функціональні можливості мультиплексорів мереж SDH.....	198
4.4. Базові топологічні рішення для SDH-мереж.....	207
4.5. Аналіз типових архітектурних рішень мережі SDH.....	213
4.6. Сегментація мереж SDH та класифікація оптичних інтерфейсів.....	216
4.7. Управління мережею SDH.....	2168
4.7.1. Мережа управління на основі вбудованих каналів зв'язку.....	218
4.7.2. Службові канали і зовнішні інтерфейси.....	221
4.8. Синхронізація мереж SDH.....	223
4.8.1. Методи синхронізації мереж SDH.....	224
4.8.2. Режими роботи і якість синхронізуючого джерела.....	225
4.9. Методи захисту синхронних потоків.....	235
4.10. Технічні характеристики мультиплексорного обладнання та апаратна реалізація.....	235

<b>Розділ 5. Волоконно-оптичні системи передавання інформації</b>	243
5.1. Принципи функціонування волоконно-оптичної системи передавання	245
5.2. Конструкція та основні характеристики оптичного волокна	247
5.3. Вибір та формування сигналів у цифрових трактах ВОСП	249
5.3.1. Вимоги до цифрових сигналів	249
5.3.2. Характеристики цифрових послідовностей та їхні енергетичні спектри	250
5.4. Принцип передавання та прийому сигналів у ВОСП	252
5.4.1. Джерела випромінювання: принцип дії, параметри, конструкції	252
5.5. Методика інженерного проектування ВОСП	265
5.5.1. Послідовність проектування ВОСП	265
5.5.2. Методика вибору компонентів під час проектування ВОСП	269
5.5.3. Розрахунок параметрів цифрового тракту ВОСП	271
<b>Розділ 6. Технології спектрального ущільнення оптичних лінійних трактів</b>	279
6.1. Спектральне ущільнення оптичних сигналів	279
6.1.1. Оптичне мультиплексування з розділенням за довжиною хвилі	279
6.1.2. Класифікація WDM на основі канального плану	280
6.2. Історія розвитку волоконно-оптичного зв'язку	285
6.2.1. Причини зростання обсягів інформації	285
6.2.2. Характеристики фотоприймачів	305
6.2.3. Пристрої оптичної крос-комутації	309
6.2.4. Принцип роботи оптичних розгалужувачів	310
6.2.5. Пристрої компенсації дисперсії	311
6.2.6. Мультиплексори і демультиплексори	312
6.2.7. Оптичні мультиплексори вводу/виводу каналів	321
6.2.8. Оптичні підсилювачі	321
6.2.9. Оптичне волокно	332
6.3. Порівняння технологій WDM і TDM	335
6.3.1. Пропускна спроможність оптичних ліній зв'язку	335
6.3.2. Принципи нарощування швидкості передавання у ВОЛЗ	336
6.4. Основні недоліки технології DWDM	337
6.5. Характеристики оптичних мультиплексорів і демультиплексорів	339
6.5.1. Критерії ефективності оптичних каналів	340

6.5.2. Поляризаційні явища оптичного випромінювання.....	348
6.5.3. Залежність втрат від довжини оптичної хвилі.....	351
6.5.4. Спрямованість .....	353
6.5.5. Втрати на відбитті .....	354
6.6. Дисперсійні властивості оптичного волокна.....	355
6.6.1. Хроматична дисперсія .....	355
6.6.2. Поляризаційна модова дисперсія .....	358
6.6.3. Поляризаційна модова дисперсія другого порядку .....	364
6.6.4. Нелінійні ефекти волоконної оптики .....	364
6.7. Оптичні підсилювачі.....	370
6.7.1. Підсилене спонтанне випромінювання .....	374
6.7.2. Характеристика джерел оптичного випромінювання .....	382
6.7.3. Модулятори передавача .....	382
6.7.4. Стабілізатори довжини хвилі .....	383
6.8. Характеристика приймачів оптичного випромінювання .....	383
6.9. Компенсатори дисперсії .....	384
6.10. Маршрутизація оптичних сигналів.....	385
<b>Розділ 7. Радіорелейні системи передавання інформації .....</b>	<b>386</b>
7.1. Принципи побудови лінійного тракту РРСП .....	386
7.2. Характеристики діапазону частот для РРСП.....	387
7.3. Огляд існуючих типів радіорелейних систем.....	391
7.4. Функціональні схеми кінцевих, вузлових та проміжних станцій РРЛ.....	392
7.5. Використання безпроводних технологій для організації локальних комп'ютерних мереж .....	398
7.6. Узагальнена структурна схема сучасної цифрової РРС .....	400
7.7. Вибір місць розташування станцій РРЛ, побудова профілів прольотів і вибір висот підвісу антен .....	403
7.8. Методи підвищення стійкості зв'язку на прольотах ЦРРЛ.....	407
7.9. Поняття зони Френеля, множник послаблення електромагнітного поля .....	409
7.10. Методика проведення плану розподілу частот для РРСП.....	412
7.11. Особливості проектування радіорелейних ліній зв'язку.....	412
7.11.1. Визначення висот підвісу антен .....	419
7.11.2. Методика розрахунку рівнів сигналів на ділянках траси .....	420
7.11.3. Розрахунок показників якості РРЛ прольоту.....	423
<b>Розділ 8. Транспортні технології передавання інформації в мережах з маршрутизацією пакетів .....</b>	<b>430</b>
8.1. Принципи побудови мереж передавання мультимедійних даних.....	430
8.2. Принципи і можливості технології мереж із маршрутизацією пакетів .....	432

8.2.1. Передавання голосу мережами Frame Relay (VoFR) .....	433
8.2.2. Передавання голосу мережами IP (VoIP) .....	436
8.2.3. Передавання голосу мережами ATM (VoATM) .....	443
8.3. Технологія багатопроTOCOLьної комутації міток MPLS.....	447
8.4. Методи оцінювання якості мовного трафіку в мережах із комутацією пакетів.....	450
8.5. Сучасні вимоги до передавання мультимедійного трафіку.....	454
<b>Розділ 9. Компресія та кодування мовних сигналів.....</b>	<b>459</b>
9.1. Ефективність алгоритмів компресії мовного сигналу .....	459
9.2. Основні алгоритми кодування мови, які використовують у системах передавання.....	462
9.3. Кодеки, стандартизовані ІТУ-Т.....	464
9.4. Огляд алгоритмів кодування форми мовних сигналів .....	467
9.4.1. Диференціальна імпульсно-кодова модуляція .....	467
9.4.2. Дельта-модуляція .....	474
9.4.3. Дельта-модуляція з компандуванням .....	474
9.5. Вокодері, стандартизовані ІТУ-Т.....	480
9.6. Рекомендації щодо використання методів компресії і кодування мовних сигналів.....	484
<b>Розділ 10. Технології широкосмугового доступу для міських телекомунікаційних мереж.....</b>	<b>486</b>
10.1. Методи модернізації мережевої інфраструктури.....	486
10.2. Особливості впровадження та експлуатації технології FTTC.....	495
10.3. Модернізація міської телефонної мережі м. Львова на основі проекту В6 .....	502
10.3.1. Аналіз стану телефонної мережі м. Львова та шляхи її розвитку.....	502
10.3.2. Огляд обладнання для реалізації проекту В6.....	508
10.3.3. Обґрунтування вибору обладнання для модернізації мережі технологією FTTC .....	512
<b>Список літератури .....</b>	<b>519</b>
<b>Додаток 1. Принципи побудови систем із частотним розділенням каналів.....</b>	<b>524</b>
<b>Додаток 2. Схема організації зв'язку та склад обладнання СП ІКМ .....</b>	<b>530</b>
<b>Додаток 3. Обладнання Huawei для широкосмугового доступу .....</b>	<b>540</b>