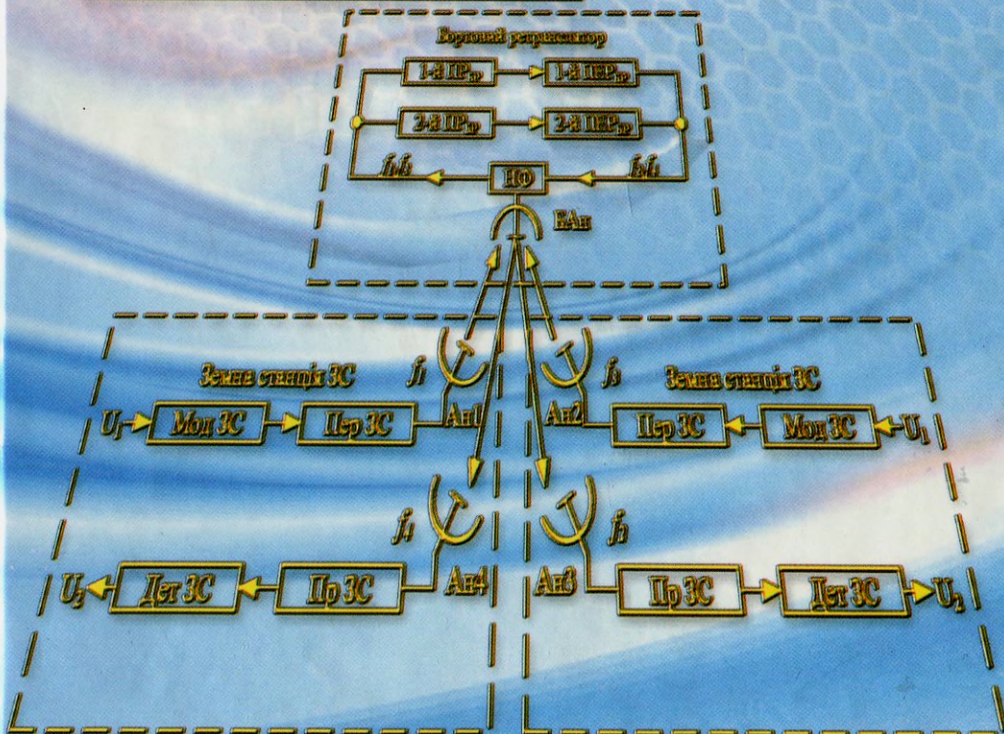
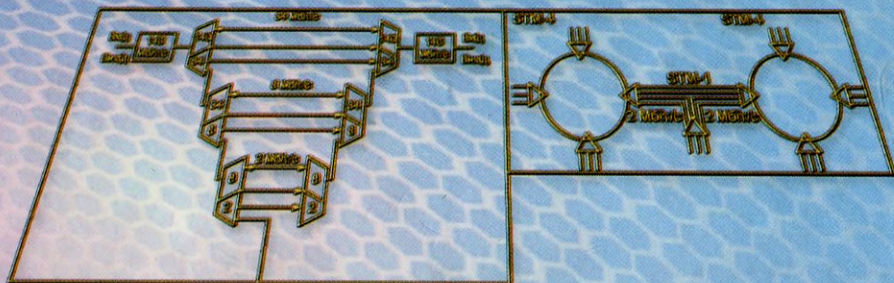


# ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ  
СЛУЖБИ УКРАЇНИ ІМЕНІ Б. ХМЕЛЬНИЦЬКОГО  
ВІННИЦЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# **ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ**

**Підручник**



УДК 621.391(075)

ББК 32.811я73

Т31

Рекомендовано до друку рішенням учених рад Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького (протокол № 13 від 19 травня 2016 року) і Вінницького національного технічного університету (протокол № 5 від 30 листопада 2015 року)

**Авторський колектив:**

В. М. Кичак, доктор технічних наук, професор;  
О. М. Шинкарук, доктор технічних наук, професор;  
Г. Г. Бортник, кандидат технічних наук, доцент;  
І. І. Чесановський, кандидат технічних наук, доцент;  
О. В. Стальченко

**Рецензенти:;**

Л. Н. Беркман, доктор технічних наук, професор;  
А. Г. Ложковський, доктор технічних наук, професор;  
О. І. Рибін, доктор технічних наук, професор

**Телекомунікаційні системи передачі** : підручник / В. М. Кичак,

Т31 О. М. Шинкарук, Г. Г. Бортник, І. І. Чесановський, О. В. Стальченко. –  
Хмельницький : Видавництво НАДГІСУ, 2016. – 424 с.

ISBN 978-617-7247-09-7

У підручнику наведені методи передавання сигналів на основі частотного та часового розділення каналів, викладені особливості та принципи побудови аналогових і цифрових систем передачі, розглянуті структури асинхронних та синхронних цифрових телекомунікаційних систем, радіорелейних і супутникових систем передачі.

Призначений для курсантів і студентів, які навчаються за спеціальностями “Телекомунікації та радіотехніка”, “Телекомунікаційні системи та мережі” і “Технології та засоби телекомунікацій”.

УДК 621.391(075)

ББК 32.811я73

ISBN 978-617-7247-09-7

© Видавництво НАДГІСУ, 2016

## Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	8
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	10
1.1. Основні поняття та означення.....	10
1.2. Класифікація телекомунікаційних систем передачі.....	11
1.3. Первинні сигнали електров'язку.....	12
1.4. Канали передавання та їх характеристики.....	18
Контрольні питання.....	29
2. МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОВ'ЯЗКУ.....	30
2.1. Основні показники мережі зв'язку.....	30
2.2. Первинні та вторинні мережі.....	30
2.3. Основні структури мереж зв'язку.....	32
Контрольні питання.....	34
3. ПЕРЕТВОРЕННЯ ФОРМ СИГНАЛІВ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ.....	35
3.1. Форми подання сигналів.....	35
3.2. Загальна постановка задачі дискретизації.....	37
3.3. Способи відновлення неперервного сигналу.....	40
3.4. Критерії якості відтворення.....	41
3.5. Методи дискретизації за допомогою вибірок.....	43
3.6. Рівномірна дискретизація. Теорема Котельникова.....	44
3.7. Теоретичні та практичні аспекти використання теорема Котельникова.....	49
3.8. Квантування сигналів.....	52
3.9. Квантування сигналів за наявності завад.....	56
3.10. Геометрична форма подання сигналів.....	61
Контрольні питання.....	63
4. ЧАСТОТНЕ РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ.....	65
4.1. Основні методи модуляції за частотного розділення каналів.....	65

4.2. Узагальнена структура багатоканальної системи зв'язку з частотним розділенням каналів.....	67
4.3. Вибір методу формування каналних сигналів.....	71
4.4. Формування односмугових сигналів.....	77
4.5. Демодуляція односмугових сигналів.....	84
4.6. Спотворення в групових трактах систем зв'язку з частотним розділенням каналів.....	87
Контрольні питання.....	92
<b>5. ЧАСОВЕ РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ.....</b>	<b>93</b>
5.1. Особливості часового розділення каналів.....	93
5.2 Вибір виду модуляції при часовому розділенні каналів.....	95
5.3. Перехідні впливи між каналами.....	101
5.4. Особливості побудови багатоканальних систем зв'язку з часовим розділенням каналів.....	107
Контрольні питання.....	110
<b>6. КОДОВЕ РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ.....</b>	<b>112</b>
6.1. Особливості кодового розділення каналів.....	112
6.2. Шумоподібні сигнали в системах зв'язку з кодовим розділенням каналів.....	115
6.3. Завадостійкість систем з кодовим розділенням каналів.....	116
6.4. Прихованість систем з кодовим розділенням каналів.....	118
6.5. Принцип кодового розділення абонентів.....	119
6.6. Ефективність асинхронних адресних систем зв'язку.....	120
6.7. Боротьба з багатопрореністю.....	121
6.8. Електромагнітна сумісність.....	124
Контрольні питання.....	126
<b>7. АНАЛОГОВІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....</b>	<b>127</b>
7.1. Формування та передавання каналних сигналів в аналогових системах передачі.....	127
7.2. Двосторонні канали передавання.....	131
7.3. Багатократне та групове перетворення частоти.....	141
7.4. Утворення стандартних груп каналів.....	144
7.5. Підсилювальні станції аналогових систем передачі.....	147

7.6. Системи передачі на основі коаксіальних кабелів.....	149
7.7. Системи передачі на основі симетричних кабелів.....	152
7.8. Системи передачі повітряними лініями.....	153
7.9. Особливості аналогових систем передачі для місцевих мереж.....	155
7.10. Перспективи розвитку аналогових систем передачі.....	156
Контрольні питання.....	156
8. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ЦИФРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	158
8.1. Характеристики цифрових систем передачі.....	158
8.2. Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення у цифрових системах передачі.....	161
8.3. Способи передавання цифрових сигналів і вимоги до цифрової системи передачі.....	169
Контрольні питання.....	172
9. АПАРАТУРА КІНЦЕВОЇ СТАНЦІЇ ІМПУЛЬСНО-КОДОВОЇ МОДУЛЯЦІЇ ЧАСОВОГО РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ.....	174
9.1. Основи побудови кінцевої станції імпульсно-кодової модуляції часового розділення каналів і часового циклу передавання.....	174
9.2. Кодери та декодери з нелінійною шкалою квантування.....	177
9.3. Генераторне обладнання.....	185
9.4. Особливості передавання цифрових сигналів лінійними трактами.....	187
9.5. Регенератори цифрових сигналів.....	197
Контрольні питання.....	200
10. АСИНХРОННІ ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	202
10.1. Стандартизація цифрових систем передачі.....	202
10.2. Первинні цифрові системи передачі ІКМ-30 та ІКМ-30С.....	204
10.3. Система передачі ІКМ-120.....	207
10.4. Система передачі ІКМ-480.....	209
10.5. Система передачі ІКМ-1920.....	211
Контрольні питання.....	213
11. СИНХРОННІ ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	215
11.1. Передумови створення синхронних систем передач.....	215

11.2. Загальна характеристика синхронної цифрової ієрархії.....	217
11.3. Основні переваги SDH.....	219
11.4. Особливості побудови синхронної ієрархії SDH.....	221
11.5. Віртуальні контейнери та інші елементи синхронної ієрархії.....	224
11.6. Детальний приклад схеми формування модуля STM-1.....	229
11.7. Функціональні модулі мереж SDH.....	231
11.8. Топологія мереж SDH.....	236
11.9. Архітектура мереж SDH.....	239
Контрольні питання .....	240
12. СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ НА БАЗІ ОПТИЧНОГО ЧАСТОТНОГО МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯ.....	242
12.1. Загальні відомості.....	242
12.2. Оптичне мультиплексування низької щільності.....	243
12.3. Оптичне мультиплексування високої щільності.....	244
12.4. Волоконно-оптичні пристрої з ЧРКО.....	246
12.5. Оптичні перетворювачі частоти.....	248
Контрольні питання.....	249
13. УЗГОДЖЕННЯ АНАЛОГОВИХ ТА ЦИФРОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ.....	251
13.1. Трансмультіплексор TMUX.....	252
13.2. Кодеки перетворення сигналів з АСП у цифрові потоки.....	254
13.3. Модеми для передачі .....	256
Контрольні питання.....	258
14. УЗГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ЧВРК.....	259
14.1. Транскодери, апаратура DCME і PCME.....	259
14.2. Передавання комірок АТМ трактами СЦІ.....	261
14.3. Передавання комірок АТМ по трактах ПЦІ.....	263
Контрольні питання.....	265
15. СИНХРОНІЗАЦІЯ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ.....	266
15.1. Основні поняття і визначення.....	266
15.2. Основні структури мережної синхронізації.....	268
15.3. Пристрої синхронізації.....	275
Контрольні питання.....	280

16. ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ.....	281
16.1. Основні поняття і означення.....	281
16.2. Загальні принципи організації радіозв'язку.....	284
16.3. Особливості поширення радіохвиль .....	288
Контрольні питання .....	291
17. ПОБУДОВА РАДІОРЕЛЕЙНИХ І СУПУТНИКОВИХ ЛІНІЙ ПЕРЕДАЧІ.....	292
Контрольні питання .....	297
18. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ОБЛАДНАННЯ РАДІОРЕЛЕЙНИХ І СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ.....	299
18.1. Принципи побудови обладнання радіорелейних ліній передачі прямої видимості .....	299
18.2. Супутникові системи передачі.....	301
Контрольні питання .....	307
19. БЕЗПРОВОДОВИЙ ДОСТУП ДО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	308
19.1. Напрями використання безгіршоводового доступу.....	310
19.2. Ефективність технології WLL.....	312
19.3. Основні методи побудови безпроводової системи.....	316
19.4. Система абонентського доступу на базі LMDS.....	319
19.5. Підтримка функцій мобільності телекомунікаційною системою.....	325
19.6. Технологія передавання даних GPRS.....	329
19.7. Система радіодоступу EDGE.....	334
19.8. Інтеграція стаціонарних і мобільних мереж зв'язку.....	338
Контрольні питання.....	339
20. ВИСОКОЧАСТОТНІ СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТ-ДОСТУПУ.....	340
20.1. Доступ мережею кабельного телебачення.....	340
20.2. Доступ супутниковими каналами.....	347
20.3. Доступ мікрохвильовими телерадіоінформаційними мережами.....	353
20.4. Інтегрований підхід до побудови системи Інтернет-доступу .....	360
Контрольні питання.....	364



21. СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНИХ СТРУКТУР ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ.....	365
21.1. Методи синтезу структур телекомунікаційних систем передачі.....	365
21.2. Постановка задачі синтезу структур телекомунікаційних систем передачі.....	374
21.3. Методи розв'язання окремих задач синтезу структур телекомунікаційних систем передачі.....	377
21.3.1. Задачі синтезу топології.....	378
21.3.2. Задача розподілу потоків.....	385
21.3.3. Вибір пропускнуої здатності каналів.....	395
21.4. Синтез структури однорангової телекомунікаційної системи передачі.....	408
21.5. Синтез структури ієрархічної телекомунікаційної системи передачі.....	412
Контрольні питання.....	414
ЛІТЕРАТУРА.....	416