

МІНІСТЕРСТВО ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ
ім. О. С. ПОПОВА

КАФЕДРА ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИВЧЕННЯ ДРУГОЇ ЧАСТИНИ КУРСУ

“ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ”

ТА

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

ДЛЯ СТУДЕНТІВ-ЗАОЧНИКІВ, ЩО НАВЧАЮТЬСЯ

ЗА НАПРЯМКОМ БАЗОВОЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ

“ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ” 6.0924

ОДЕСА 1997

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ ТЕЗ - 2

Другою частиною курсу “Теорія електричного зв’язку” (ТЕЗ-2), що вивчається у сьомому семестрі, майбутні інженери зв’язку завершують оволодіння фундаментальними основами сучасної теорії і техніки зв’язку. В першій частині курсу вивчались математичні моделі повідомлень, сигналів, завад і каналів зв’язку, методи формування і перетворення сигналів. На основі цього матеріалу в другій частині вивчаються найбільш важливі розділи сучасної теорії зв’язку: прийом сигналів у каналах із завадами, використання коректуючих кодів у каналах зв’язку, цифрова передача неперервних повідомлень, методи підвищення ефективності систем зв’язку.

На лекціях у період установчої сесії студенти вивчають основні теоретичні положення курсу ТЕЗ-2, які дозволяють їм приступити до самостійного освоєння матеріалу та до виконання курсової роботи. Детальна пророблення курсу здійснюється студентами в міжсесійний період самостійно за підручниками [1, 2]. При цьому студент складає конспект з усіх розділів курсу у відповідності з наведеним нижче переліком тем (таблиця 1).

У міжсесійний період студенти виконують курсову роботу, зміст якої наведено нижче. Дані завдання на виконання курсової роботи подані в таблиці 2. Номер варіанта курсової роботи, що виконує студент, визначається останніми двома цифрами номера його студентського квитка. Виконану роботу студент висилає на рецензування. В екзаменаційну сесію студент захищає допущену до захисту курсову роботу.

В період екзаменаційної сесії з курсу ТЕЗ-2 студенти виконують три лабораторні роботи: №№ 2.3, 2.4 і 2.5, які описані в методичному посібнику [3]. Необхідно підготуватись до лабораторних робіт – виконати домашні завдання в робочому зошиті. При виконанні домашніх завдань номер стенда N слід взяти рівним останній цифрі номера студентського квитка.

З теоретичної частини курсу ТЕЗ-2 провадиться екзамен. На екзамені студент пред’являє конспект самостійної роботи над курсом та захищену курсову роботу.

Таблиця 1 - Перелік тем, що вивчаються в курсі ТЕЗ-2

Розділ, тема	Література	
	[1]	[2]
7. Теорія завадостійкості систем передачі дискретних повідомлень		
7.1 Критерії оптимального прийому дискретних повідомлень.	6.1, 6.2	15.2
7.2 Вирішуючі правила. Геометрична трактування роботи демодулятора.	6.3	
7.3 Алгоритми оптимального прийому дискретних повідомлень при передачі їх сигналами АМ-2, ЧМ-2, ФМ-2 і ВФМ-2, схеми демодуляторів.	6.3, 6.5	15.2
7.4 Реалізація демодуляторів на основі узгоджених фільтрів.	6.4	15.2
7.5 Потенціальна завадостійкість прийому дискретних повідомлень при передачі їх сигналами АМ-2, ЧМ-2, ФМ-2 і ВФМ-2.	6.5	15.3
7.6 Некогерентний прийом сигналів АМ-2, ЧМ-2 і ВФМ-2 - алгоритми прийому, схеми демодуляторів, завадостійкість.	6.6	15.3
8 Основи теорії завадостійкого кодування		
8.1 Принципи побудови коректуючих кодів.	5.1, 5.3	18.1
8.2 Коректуюча здатність кодів.	5.3	18.2
8.3 Лінійні блокові коди, циклічні коди.	5.4, 5.5	18.5
8.4 Неперервні коректуючі коди.	5.5	
8.5 Системи передачі інформації зі зворотним зв'язком.	5.7	

Закінчення таблиці 1

Розділ, тема	Література	
	[1]	[2]
9 Теорія завадостійкості систем передачі неперервних повідомлень		
9.1 Критерії оптимального прийому.	7.1	15.4
9.2 Фільтр Колмогорова-Вінера.	7.6	
9.3 Оптимальна демодуляція неперервних повідомлень, слідкуючий фільтр.	7.3	15.4
9.4 Виграш у відношенні сигнал/шум при демодуляції сигналів з АМ, БМ, ОМ і ЧМ.	7.4	15.5
9.5 Поріг завадостійкості при демодуляції ЧМ сигналів.	7.5	15.5
9.6 Завадостійкість систем зв'язку з ІКМ.	8.2	16.2
9.7 Кодування неперервних повідомлень, дельта-модуляція.	8.3	16.3
10 Методи багатоканальної передачі повідомлень		
10.1 Лінійне розділення сигналів.	9.1	
10.2 Побудова багатоканальних систем з частотним і часовим розділенням сигналів.	9.2	
10.3 Взаємні завади в багатоканальних системах.	9.2	
11 Методи підвищення ефективності систем електрозв'язку		
11.1 Критерії ефективності систем зв'язку. Межа Шеннона.	10.1	
11.2 Методи підвищення частотної ефективності систем зв'язку.	10.2, 10.3	
11.3 Методи підвищення енергетичної ефективності систем зв'язку.	10.2, 10.3	
11.4 Основні напрямки подальшого удосконалення систем та мереж електрозв'язку	10.4, 10.5	

Таблиця 2 - Дані до завдань на курсову роботу

Останні цифри номера студквитка	F_{max} , кГц	K_a	ρ_{kv} доп, дБ	Рівні квантування	Метод модуляції	Спосіб прийому	A_0 , В	N_0 , Вт/Гц
00	17	7	33	35, 3, 51	ФМ-2	когер.	0,50	7E-08
01	5	6	47	68, 100, 84	ФМ-2	когер.	0,15	1E-08
02	11	8	33	32, 16, 48	ФМ-2	когер.	0,25	2E-08
03	9	4	31	30, 62, 14	ВФМ-2	когер.	0,65	2E-07
04	4	3	32	35, 3, 51	АМ-2	когер.	0,20	2E-08
05	14	7	42	43, 11, 59	ФМ-2	когер.	0,25	2E-08
06	9	4	49	60, 28, 44	ЧМ-2	когер.	0,40	2E-08
07	19	4	50	33, 1, 49	ФМ-2	когер.	0,30	2E-08
08	18	3	35	36, 4, 52	ЧМ-2	когер.	0,75	6E-08
09	16	8	50	126, 94, 110	ВФМ-2	когер.	0,25	1E-08
10	18	5	50	47, 15, 63	ВФМ-2	неког.	0,75	1E-07
11	15	5	31	34, 2, 50	ФМ-2	когер.	0,90	2E-07
12	3	6	30	35, 3, 51	ЧМ-2	когер.	0,30	5E-08
13	5	3	36	36, 4, 52	ФМ-2	когер.	0,50	3E-07
14	7	7	34	37, 5, 53	ЧМ-2	неког.	0,45	4E-08
15	20	3	36	31, 63, 15	ЧМ-2	когер.	0,50	2E-08
16	15	5	33	34, 2, 50	АМ-2	неког.	0,30	4E-09
17	10	7	36	33, 1, 49	ВФМ-2	когер.	0,30	3E-08
18	16	7	39	46, 14, 62	ФМ-2	когер.	0,80	1E-07
19	20	8	34	42, 10, 58	ВФМ-2	неког.	0,75	8E-08
20	20	3	43	39, 7, 55	ФМ-2	когер.	0,05	8E-10
21	12	6	33	36, 4, 52	ВФМ-2	когер.	0,60	9E-08
22	17	4	39	42, 10, 58	ЧМ-2	когер.	0,55	3E-08
23	10	3	36	36, 4, 52	АМ-2	когер.	0,45	2E-08
24	6	3	36	40, 8, 56	ФМ-2	когер.	0,60	2E-07
25	13	3	32	33, 1, 49	ВФМ-2	когер.	0,80	2E-07
26	9	3	30	30, 62, 14	ЧМ-2	когер.	1,00	3E-07
27	16	5	48	75, 107, 91	ФМ-2	когер.	0,10	2E-09
28	7	7	34	38, 6, 54	ЧМ-2	неког.	0,55	6E-08
29	9	5	40	48, 16, 32	ВФМ-2	когер.	0,50	1E-07
30	6	6	33	41, 9, 57	АМ-2	когер.	0,70	8E-08
31	13	6	38	44, 12, 60	ВФМ-2	неког.	0,50	4E-08
32	19	6	47	38, 6, 54	ВФМ-2	когер.	0,05	4E-10
33	10	5	32	31, 63, 15	АМ-2	неког.	0,70	6E-08
34	16	5	38	34, 2, 50	ФМ-2	когер.	0,85	2E-07
35	15	6	40	36, 4, 52	ВФМ-2	неког.	0,65	6E-08
36	17	8	45	45, 13, 61	ФМ-2	когер.	0,25	1E-08
37	16	3	30	32, 0, 48	ЧМ-2	неког.	0,95	2E-07
38	14	8	40	49, 17, 33	АМ-2	неког.	0,15	2E-09
39	11	4	47	64, 96, 80	ФМ-2	когер.	0,20	1E-08
40	12	6	34	31, 63, 15	АМ-2	неког.	0,05	1E-10
41	5	5	34	30, 62, 14	АМ-2	неког.	0,95	2E-07
42	8	8	46	125, 93, 109	ФМ-2	когер.	0,05	9E-10
43	18	5	43	46, 14, 62	АМ-2	неког.	0,40	6E-09
44	5	3	42	40, 8, 56	ВФМ-2	когер.	0,30	7E-08
45	3	3	46	51, 19, 35	ВФМ-2	когер.	1,00	1E-06
46	8	3	33	35, 3, 51	АМ-2	неког.	0,80	8E-08
47	9	5	30	31, 63, 15	ВФМ-2	неког.	0,45	9E-08
48	4	5	45	46, 14, 62	АМ-2	когер.	0,20	8E-09
49	4	4	34	30, 62, 14	ЧМ-2	неког.	0,30	5E-08

Закінчення таблиці 2

Останні цифри номера студквитка	F_{max} , кГц	K_a	$\rho_{кв доп}$, дБ	Рівні квантування			Метод модуляції	Спосіб прийому	A_0 , В	N_0 , Вт/Гц
50	16	5	47	37,	5,	53	АМ-2	неког.	0,35	4Е-09
51	15	5	31	30,	62,	14	ВФМ-2	когер.	0,20	9Е-09
52	10	5	30	32,	40,	48	ВФМ-2	неког.	0,40	5Е-08
53	17	6	49	111,	79,	127	ЧМ-2	когер.	0,50	2Е-08
54	13	8	33	38,	6,	54	ФМ-2	когер.	0,15	5Е-09
55	11	8	40	50,	18,	34	ФМ-2	когер.	0,45	1Е-07
56	14	6	40	48,	16,	32	ФМ-2	когер.	0,75	1Е-07
57	12	5	47	56,	24,	40	АМ-2	неког.	0,95	4Е-08
58	10	3	34	31,	63,	15	ФМ-2	когер.	0,30	6Е-08
59	9	5	47	47,	15,	63	ФМ-2	когер.	0,95	2Е-07
60	11	6	34	35,	3,	51	ФМ-2	когер.	0,50	8Е-08
61	19	6	30	33,	1,	49	ВФМ-2	неког.	0,25	1Е-08
62	14	5	49	76,	108,	92	ВФМ-2	когер.	0,50	4Е-08
63	8	5	36	35,	3,	51	АМ-2	когер.	0,15	3Е-09
64	18	8	33	39,	7,	55	АМ-2	неког.	0,45	7Е-09
65	15	6	49	53,	21,	37	ВФМ-2	неког.	0,60	6Е-08
66	8	8	41	68,	100,	84	АМ-2	когер.	0,35	1Е-08
67	19	5	42	41,	9,	57	ЧМ-2	неког.	0,30	9Е-09
68	12	5	36	40,	8,	56	ФМ-2	когер.	0,30	2Е-08
69	14	8	40	55,	23,	39	ФМ-2	когер.	0,35	2Е-08
70	7	5	44	41,	9,	57	ЧМ-2	когер.	0,10	2Е-09
71	9	7	47	87,	119,	71	ВФМ-2	неког.	0,15	8Е-09
72	18	7	43	77,	109,	93	ФМ-2	когер.	0,05	3Е-10
73	13	8	49	105,	73,	121	ВФМ-2	когер.	0,40	4Е-08
74	16	8	32	35,	3,	51	ФМ-2	когер.	0,15	5Е-09
75	11	8	34	36,	4,	52	ВФМ-2	неког.	0,25	1Е-08
76	5	4	30	35,	3,	51	ВФМ-2	когер.	0,45	1Е-07
77	14	3	45	41,	9,	57	АМ-2	когер.	0,50	2Е-08
76	12	5	40	33,	1,	49	ВФМ-2	когер.	0,40	4Е-08
79	10	6	49	76,	108,	92	ЧМ-2	когер.	0,75	6Е-08
80	7	6	32	31,	63,	15	АМ-2	неког.	0,15	3Е-09
81	11	4	39	31,	63,	15	ЧМ-2	когер.	0,80	2Е-07
82	10	7	48	113,	81,	97	АМ-2	неког.	0,35	9Е-09
83	13	6	35	36,	4,	52	АМ-2	неког.	0,65	3Е-08
84	11	3	38	41,	9,	57	ЧМ-2	неког.	0,80	7Е-08
85	5	7	44	35,	3,	51	АМ-2	неког.	0,15	3Е-09
86	4	8	46	94,	126,	78	АМ-2	когер.	0,65	7Е-08
87	8	5	49	78,	110,	94	ЧМ-2	неког.	0,15	4Е-09
88	3	7	33	39,	7,	55	АМ-2	когер.	0,90	3Е-07
89	12	3	33	113,	85,	81	ВФМ-2	неког.	0,05	7Е-10
90	19	8	37	31,	63,	15	АМ-2	неког.	0,55	1Е-08
91	19	8	37	50,	18,	34	АМ-2	неког.	0,95	3Е-08
92	8	7	42	55,	23,	39	ВФМ-2	когер.	0,35	5Е-08
93	14	7	36	33,	1,	49	ФМ-2	когер.	0,55	7Е-08
94	9	4	36	38,	6,	54	ВФМ-2	неког.	0,20	1Е-08
95	16	3	37	30,	62,	14	ВФМ-2	когер.	0,80	1Е-07
96	8	7	46	103,	71,	119	ЧМ-2	когер.	0,45	4Е-08
97	14	6	37	37,	5,	53	ФМ-2	когер.	0,40	4Е-08
98	11	7	45	70,	102,	86	ЧМ-2	неког.	0,70	5Е-08
99	17	6	41	33,	1,	49	ВФМ-2	когер.	0,65	8Е-08

В установчу сесію викладаються теми: 7.1 - 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 9.1, 9.4, 9.5, 9.6. Зміст цих тем дає можливість заочнику приступити до самостійного вивчення матеріалу, а також виконати курсову роботу.

**ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ на тему:
“РОЗРАХУНОК Й ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМИ ЗВ’ЯЗКУ”**

(дані до завдання містяться в таблиці 2)

Повідомлення неперервного джерела передається каналом зв’язку методом ІКМ. У каналі зв’язку використовуються модуляція і завадостійке кодування. Потрібно дати опис процесів в окремих блоках заданої системи передачі і розрахувати її основні параметри в такій послідовності.

1. Структурна схема системи передачі

Зобразити повну структурну схему заданої системи передачі. Схема повинна містити в собі джерело та отримувач повідомлень, АЦП та ЦАП, кодер та декодер завадостійкого коду, модулятор та демодулятор, лінію зв’язку та джерело завад. Пояснити призначення кожного блоку.

Вказівки. Див. [1, с. 10 - 22, 242 - 248; 2, с. 8 - 20, 279 - 282]. За основу структурної схеми системи зв’язку з ІКМ можна взяти схему, що наведена на рис. 8.1 в [1] - слід показати, що передавач містить у собі кодер коректуючого коду та модулятор, а приймач - демодулятор та декодер коректуючого коду.

2 Розрахунок параметрів АЦП та вихідного сигналу АЦП

За заданими максимальній частоті F_{max} спектра первинного сигналу, коефіцієнту амплітуди K_a та допустимому відношенню сигнал/шум квантування $\rho_{кв доп} = P_b/P_\epsilon$ визначити параметри АЦП і сигналу на його виході:

- мінімальне допустиме число рівнів квантування $L_{доп}$ і вибрати $L \geq L_{доп}$, яке дорівнює цілій степені числа 2;
- відношення сигнал/шум квантування $\rho_{кв}$ при вибраному L ;
- довжину коду АЦП k , інтервал дискретизації Δt , тривалість символу T_C і швидкість модуляції B на виході АЦП, вважаючи, що тривалість кодової комбінації дорівнює інтервалу дискретизації.

Вказівки. Див. [1, с. 246 - 248; 2, с. 282 - 286]. В [1] коефіцієнт амплітуди позначено Π , а довжина коду АЦП - n . При проведенні розрахунків задане відношення сигнал/шум квантування необхідно подати в разях:

$$\rho = 10^{0,1\rho[\text{дБ}]}$$

3 Кодування коректуючим (завадостійким) кодом

Сигнал з виходу АЦП надходить до входу кодера завадостійкого коду. В дискретному каналі зв'язку (від виходу АЦП до входу ЦАП) використовується завадостійке кодування циклічним кодом (n, k) з мінімальною кодовою віддаллю $d_{min} = 3$. Вважаючи довжину простого коду k рівною довжині коду АЦП, обчислити необхідне число додаткових (перевірних) символів і довжину коректуючого коду n . Породжуючий поліном $G(x)$ вибирається з таблиці 18.1 [2].

Аналіз роботи кодера коректуючого коду провадиться в такій послідовності:

- задані три рівня квантування записуються в двійковій системі числення;
- формуються дозволені вихідні комбінації кодера;
- визначаються віддалі між комбінаціями на вході кодера;
- визначаються віддалі між комбінаціями на виході кодера;
- порівнюються віддалі між відповідними кодовими комбінаціями на вході кодера та на виході кодера;
- обчислюється тривалість символу T_S на виході кодера і порівнюється з тривалістю символу T_C на вході кодера.

Вказівки. Див.[1, с. 131 - 150; 2, с. 307 - 318]. Довжина коректуючого коду з $d_{min} = 3$ визначається за умови $2^{n-k} \geq n + 1$ [1, с. 149]. Приклад кодування циклічним кодом наведено на с. 316, 317 [2].

4 Модулятор системи передачі

Цифровим сигналом із виходу кодера коректуючого коду модулюється гармонічний переносник у відповідності з заданим методом модуляції. Необхідно:

- навести структурну або функціональну схему модулятора;
- зобразити часову діаграму сигналу на виході модулятора для одного із заданих рівнів квантування;
- обчислити ширину спектра модульованого сигналу та порівняти її з шириною спектра первинного сигналу.

Вказівки. Для побудови схеми модулятора можна скористатись матеріалом підрозділу 6.9 [2]. Ширину спектра сигналу F_S на виході модулятора можна обчислити за формулами: для АМ-2, ФМ-2 та ВФМ-2 $F_S = 1,5/T_S$, а для ЧМ-2 $F_S = 2,5/T_S$, де T_S - тривалість символу на вході модулятора (визначена в п.3).

5 Аналіз роботи демодулятора

При аналізі роботи демодулятора вважаємо:

- модульований сигнал передається неперервним гауссовим каналом зв'язку (лінією зв'язку) з незмінними параметрами;
- демодулятор заданого методу модуляції і способу прийому є оптимальним.

Необхідно:

- привести алгоритм прийому та структурну схему демодулятора для заданих метода модуляції і способу прийому, дати необхідні пояснення до алгоритму і схеми;
- обчислити ймовірність помилки символу на виході оптимального демодулятора при заданих методі модуляції та способі прийому.

Вказівки. Див. [1, с. 168 - 197; 2, с. 260 - 267]. За відсутності таблиць функції Крампа $\Phi(x)$ ймовірність помилки може бути розрахована за наближеною формулою

$$p = 0,5 \cdot (1 - \Phi(x)) \approx 0,65 \exp(-0,44(x + 0,75)^2).$$

Потужність сигналу $P_S = A_0^2/2$.

6 Декодування коректуючого коду

Необхідно:

- для вибраних у п. 3 довжини коду n і породжуючого поліному $G(x)$ розрахувати таблицю синдромів;
- для однієї з комбінацій завадостійкого коду, одержаної при виконанні п. 3, розрахувати синдром;
- увести в комбінацію довільну однократну помилку і знову розрахувати синдром; впевнитись, що таблиця синдромів показує номер помилкового символу.

Вказівки. Таблицю, що встановлює відповідність між синдромом і номером помилкового символу (виду таблиці 18.2 [2]), можна отримати таким чином. Візьміть комбінацію довжини n , що містить тільки нулі. При введенні помилки в 1-й зліва символ комбінація записується як x^{n-1} , при введенні помилки в 2-й зліва символ - x^{n-2} і т. д. При діленні x^{n-1} на $G(x)$ одержимо синдром, що відповідає помилці в 1-му символі, при діленні x^{n-2} на $G(x)$ одержимо синдром, що відповідає помилці в 2-му символі, і т. д.

7 Порівняння завадостійкості систем зв'язку

Необхідно:

- розрахувати ймовірності однократних і двократних помилок на вході декодера коректуючого коду при ймовірності помилки символу, знайдених у п. 5; зробити висновок про те, чи поліпшиться завадостійкість прийому при виправленні декодером однократних помилок;
- розрахувати ймовірність помилки символу на виході демодулятора в системі передачі без завадостійкого кодування: метод модуляції, спосіб прийому, значення A_0 і N_0 ті ж самі, що і при виконанні п. 5, а тривалість

символу на вході демодулятора дорівнює тривалості символу на виході АЦП T_C ;

- розрахувати ймовірність однократних помилок у кодовій комбінації значності k у системі передачі без завадостійкого кодування;
- порівняти ймовірність однократних помилок у системі без завадостійкого кодування з ймовірністю двократних помилок у системі з завадостійким кодуванням; зробити висновок відносно доцільності використання завадостійкого кодування.

Вказівки. Див. [1, с. 141, 142]. Ймовірності однократних помилок ($q = 1$) і двократних помилок ($q = 2$) визначаються формулою (5.14) в [1]. Ймовірності помилки символу на виході демодулятора в системі з кодуванням і в системі без кодування відрізняються, оскільки відрізняються значення відношень сигнал/шум із-за різних тривалостей сигналів T_S і T_C .

8 Розрахунок інформаційних характеристик системи передачі

Необхідно:

- розрахувати продуктивність джерела повідомлень як швидкість надходження інформації з виходу АЦП, вважаючи, що символи 1 і 0 рівномірні;
- обчислити пропускну здатність неперервного каналу зв'язку, яким передається модульований сигнал, вважаючи, що смуга пропускання каналу зв'язку дорівнює ширині спектра сигналу, визначеній у п. 4;
- порівняти продуктивність джерела і пропускну здатність каналу зв'язку; що стверджує теорема Шеннона для каналу із завадами при такому їх співвідношенні;
- розрахувати коефіцієнти η , β , γ , які визначають ефективність системи передачі, вважаючи, що втратами інформації в каналі можна нехтувати і швидкість передачі дорівнює продуктивності джерела повідомлень.

Вказівки. Див. [1, с. 101 - 106, 117 - 124, 282 - 285; 2, с. 295 - 304].

9 Аналіз аналогової системи передачі

Неперервне повідомлення від джерела з заданими параметрами передається без перетворення в цифровий сигнал за допомогою аналогової ЧМ. Необхідно:

- зобразити структурну схему такої системи передачі;
- смугу пропускання каналу зв'язку F_K прийняти рівній значенню F_S , знайденому в п. 4, амплітуда сигналу A_0 і спектральна густина потужності завади N_0 на вході демодулятора ті ж, що і в системі передачі з ІКМ. Визначити індекс модуляції $m_{ЧМ}$ за двох умов:

- 1) обмеженої смуги пропускання каналу зв'язку;
- 2) роботи демодулятора вище порогу;

- розрахувати виграш демодулятора і відношення сигнал/шум на виході демодулятора $\rho_{\text{вих ЧМ}}$;
- порівняти завадостійкість системи передачі з аналоговою ЧМ $\rho_{\text{вих ЧМ}}$ з завадостійкістю системи передачі з ІКМ $\rho_{\text{вих ІКМ}}$, вважаючи, що завадостійкість останньої визначається тільки шумами квантування: $\rho_{\text{вих ІКМ}} = \rho_{\text{кв}}$ ($\rho_{\text{кв}}$ визначено в п. 2, для порівняння значення ρ необхідно подати в децибелах);
- порівняти необхідні смуги пропускання каналів зв'язку при аналоговій і цифровій передачі;
- зробити висновок, яка із систем передачі (аналогова чи цифрова) є кращою.

Вказівки. Див. [1, с. 207 - 209, 222; 2, с.269 - 272].

Умова обмеженої смуги пропускання каналу $F_{\text{ЧМ}} \leq F_{\text{к}}$.

Умова роботи вище порогу $\rho_{\text{вх}} = P_s / (N_0 F_{\text{ЧМ}}) \geq \rho_{\text{пр}}$.

В цих співвідношеннях $F_{\text{ЧМ}} = 2(m_{\text{ЧМ}} + 1)F_{\text{max}}$ - ширина спектра ЧМ сигналу;

$\rho_{\text{пр}}$ - порогове відношення сигнал/шум, рекомендується прийняти $\rho_{\text{пр}} = 10$.

ОСНОВНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

1 Пояснювальна записка виконується на одній стороні аркуша (можна і з двох сторін) білого паперу формату А4 (297x210 мм). Текст пояснювальної записки виконується рукописним способом (чорнилом або пастою темного кольору) або машинописним способом через півтора-два інтервали. З боків аркуша залишають поля: ліве, верхнє та нижнє не менш за 20 мм, праве не менш за 10 мм.

2 Пояснювальна записка повинна містити:

- титульний аркуш;
- дані до завдання на виконання курсової роботи;
- чистий аркуш для рецензії керівника;
- зміст;
- основну частину;
- закінчення;
- перелік посилань.

3 Сторінки пояснювальної записки номерують арабськими цифрами. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті аркуша.

4 Текст пояснювальної записки ділять на розділи у відповідності до завдання. Розділи повинні мати порядкові номери арабськими цифрами та назви.

5 Текст пояснювальної записки має бути чітким і не допускати різних тлумачень. При цьому використовуються терміни, позначення та визначення, вживані в курсі ТЕЗ та попередніх курсах ТЕК і вищої математики, а також у рекомендованій навчальній та спеціальній літературі. До вико-

ристаних формул повинні бути надані посилання на джерела, а до використаних числових значень - пояснення щодо їх походження. Результати розрахунків супроводжуються зазначенням відповідних одиниць виміру.

6 Ілюстрації (графіки, схеми) виконуються тушшю, чорним чорнилом або пастою на аркушах з текстом, або на кальці, при цьому в тексті залишають вільне місце для кальки.

7 Ілюстрації та таблиці обов'язково нумерують та надають назву (наприклад, "Рисунок 1.1 - Структурна схема системи передачі" - перший рисунок першого розділу). Номер та назва розміщуються: для ілюстрацій - внизу (під ілюстрацією), для таблиць - зверху (над таблицею).

8 Умовні графічні позначення на функціональних і структурних схемах повинні відповідати вимогам ЄСКД.

9 Перелік посилань містить у собі посилання на підручники, навчальні посібники та книги, які були використані при виконанні роботи. Посилання в тексті подаються в квадратних дужках. У дужках проставляють номер, під яким джерело значиться в переліку посилань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Теория передачи сигналов:** Учебник для вузов / А. Г. Зюко и др. М.: Радио и связь, 1986.

2. **Панфилов И. П., Дырда В. Е.** Теория электрической связи: Учебник для техникумов. М.: Радио и связь, 1991.

3. **Методическое руководство к выполнению лабораторных работ №№ 2.3, 2.4 и 2.5 по курсу "Теория электрической связи"** / Сост. П. В. Иващенко, Одесса, ОЭИС, 1990.

Укладач	П. В. Иващенко
Редактор	В. Ю. Дирда