МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра телекомунікаційних систем та мереж

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ТСМ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Ф. Заїка

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016

**Методичні рекомендації**

**до курсового проекту студентів**

**“Цифрова система передавання по металевому кабелю”**

З навчальної дисципліни: Проектування телекомунікаційних систем та мереж

Галузь знань: 17 Електроніка та телекомунікації

Освітньо-кваліфікаційного рівня: магістр

Спеціальності: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Спеціалізація: 1720102 Телекомунікаційні системи та мережі

Матеріали методичних

рекомендацій розглянуті на

засіданні кафедри

телекомунікаційних систем та

мереж

Протокол № 1 від 31.08.2016

Київ 2016

**Основні скорочення і позначення**

АІМ - амплітудно-імпульсна модуляція

АЦО - аналого-цифрове обладнання

ВРК - часовий розподіл каналів

ВТС - виділювач тактового синхросигналу

ІКМ - імпульсно-кодова модуляція

КВЩ - код з високою щільністю одиниць

КП - коректувальний підсилювач регенератора НРП (ОРП) - регенераційний пункт, що не обслуговується (обслуговується)

РУ - вирішальний пристрій регенератора

СП(ЦСП) - цифрова система передачі

ТРР - точка рішення регенератора (вихід КП або вхід РП) ТЧ - тональна частота

ЧПІ - код з чергуванням полярностей імпульсів Акв - захищеність гармонічного сигналу від спотворень квантування

Аз пз - захищеність від перехідної завади в ТРР Азl - захищеність ланцюга на дальньому кінці на напівтактовій частоті

fд - частота дискретизації

fт, Тт - тактова частота і тактовий інтервал

m - кількість розрядів в кодовому слові

N - кількість каналів передачі

Ро - допустима вірогідність помилки на один кілометр лінійного тракту

L - довжина лінійного тракту

lр - довжина дільниці регенерації

F - коефіцієнт шуму

Тв - середній час відновлення циклового синхронізму Zв - хвильовий опір кола

Uпер - амплітуда імпульсу на виході регенератора λ - інтенсивність відмов

ΔАз - запас завадозахищеності в ТРР

α - коефіцієнт загасання кола на напівтактовій частоті Рпер - абсолютний рівень пікової потужності імпульсу на виході регенератора

n - кількість переприймань по ТЧ

2

**ВСТУП**

Курсовий проект присвячений розробці деяких технічних рішень та виконанню розрахунків основних характеристик нестандартної ЦСП, що дозволяє організовувати задану кількість каналів передачі з заданими показниками якості між двома кінцевими пунктами.

Цей проект сприяє вивченню характеристик та особливостей ЦСП, набуттю навичок виконання інженерних розрахунків СП з імпульсно-кодовою модуляцією (ІКМ) та часовим розподілом каналів (ЧРК) і підготовці до іспиту за курсом.

**ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО**

**ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Кожний студент виконує курсовий проект згідно індивідуального завдання, варіант якого визначається двома останніми цифрами номера залікової книжки. Проект, виконаний повністю або частково, але не за своїм варіантом, не рецензується.

В проекті повинні бути зроблені всі розрахунки, необхідні для рішення поставленою задачі, зроблені всі висновки і обгрунтовані прийняті технічні рішення. Результати розрахунків та обґрунтування прийнятих рішень послідовно, без повторень і зайвих дрібниць, надають в пояснювальній записці. ЇЇ обсяг не повинен перевищувати 25-30 аркушів, включаючи рисунки і таблиці. Нумерація сторінок в правому верхньому куту. Номера формул та рисунків за розділами. Кожен розділ починати з нової сторінки. Можливе виконання на комп’ютері. Текстова частина: редактор WORD, шрифт Times New Roman Cyr, розмір 14пт, інтервал одинарний. Поля: ліве – 25 мм, верхнє та нижнє – 20 мм, праве 10 мм.

Розрахунок захищеності від завад квантування виконують в децибелах з точністю до 1 дБ.

Утримуйтесь від переписування тексту підручника або методичних вказівок. Майте на увазі, що зайвий обсяг пояснювальної записки розцінюється як недолік проекту.

Пояснювальну записку виконують на стандартних листах паперу та брошурують їх в папку. Сторінки тексту і рисунки нумерують. Рисунки викреслюють на міліметровому папері або кальці олівцем або тушшю акуратно, технічно грамотно з додержанням вимог згідно з вимогами до звітів про науково-дослідні роботи (НДР), встановленими Державним стандартом України ДСТУ 3008 - 95 ". Текст пишуть розбірливо, без помилок, на одній стороні листа. Всі виправлення та доповнення, зроблені за вимогою рецензента, виносять на другу сторону листа в тому місці де знайдені помилки або поставлені питання. Список літератури приводять в кінці пояснювальної записки. Студент підписує пояснювальну записку і вказує дату.

3

Проекти, виконані без дотримання всіх вимог повертаються на доопрацювання.

 Повністю виконаний проект надсилають в інститут для перевірки. Захист курсових проектів проходить за розкладом. Для успішного захисту необхідно: 1. Внести виправлення по зауваженням рецензента, відповісти на задані питання.

2. Вміти пояснити хід виконання розрахунки, смисл символів, які входять до розрахункових формул, обґрунтувати правильність прийнятих технічних рішень.

3. Вміти виконувати завдання і давати повні відповіді на контрольні питання, приведені в кінці цієї методичної розробки.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

**Основна**

1. Зингиренко А. М. , Баєва Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи- М.: Связь, 1980

2. Гитлиц М.В., Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи. – М.: Радио и связь, 1985

**Додаткова**

3. Левин Л.С., Плоткин М.А. Цифровые системы передачи информации . М.: Радио и связь, 1982.

4. Расчет электрических характеристик линейных трактов кабельных ЦСП/ВЗЭИС.- М. , 1988

**ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

Розробити ескізний проект цифрової системи передачі з ІКМ **“Цифрова система передавання по металевому кабелю**”.

**Питання, які підлягають опрацюванню**

1. Вибір частоти дискретизації телефонних сигналів, розрахунок кількості розрядів у кодовому слові і захищеності від спотворень квантування на виходах каналів ЦСП.

2. Розробка збільшеної схеми кінцевого обладнання ЦСП. 3. Розробка структури часових циклів первинного цифрового сигналу і розрахунок тактової частоти агрегатного цифрового сигналу.

4

4. Побудова сигналу на виході регенератора (в коді КВЩ-3) (код високої щільності, КВЩ) для заданої кодової послідовності символів. Розрахунок і побудова часової діаграми сигналу на виході коректувального підсилювача регенератора ( в ТРР).

5. Розрахунок максимальних довжин дільниць і вибір типу кабелю. 6. Оцінка надійності лінійного тракту ЦСП.

**ВИХІДНІ ДАНІ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Вихідні дані до курсового проекту зведені до табл. 1. Вони визначаються передостанньою та останньою цифрами номеру студентського квитка. Наприклад, якщо номер квитка М-87148, то варіант завдання – 48. Для цього варіанту вихідні дані будуть такі:

1. Довжина лінійного тракту L = 300 км.

2. Кількість переприймань по ТЧ n = 4

3. Кількість каналів передачі N = 360

4. Захищеність від спотворень квантування на виході каналу

*Акв* ≥ 20*дБ*

5. Середній час відновлення циклового синхронізму Тв < 3,5. 6. Допустима вірогідність помилки на один кілометр лінійного тракту рО  = 10 –10 1/км.

7. Коефіцієнт шуму коректувального підсилювача F = 6.

8. Амплітуда імпульсу на виході регенератора Uпер = 3,5 В.

9. Кодова послідовність символів 1101000011000011.

Завдання та вихідні дані разом з номером варіанту повинні бути приведені у пояснювальній записці на окремій сторінці.

5

**Варіанти 00…49 Таблиця 1.**

| Довжина лінійного тракту L, км  | 400  | 600  | 200  | 100  | 300 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кількість переприйомів по ТЧ , n  | 2  | 3  | 1  | 0  | 4 |
| Коефіцієнт шуму корегуючого підсилювача, F, од  | 3  | 4  | 5  | 6  | 4,5  | 5,5  | 3,5  | 7  | 6  | 5 |
| Амплітуда імпульсу на виході регенератора Uпер, В  | 2  | 4  | 6  | 8  | 3  | 5  | 7  | 2,5  | 3,5  | 4,5 |
| Кодова послідовність | Середній час віднов лення цик лового син хронізму **Тв,** **мс,** Не більше | Кількість ка налів передачі із смугою частот, що ефективно передаються 0,3..3,4 кГц, N | Захищеність гармонічно го сигналу від спотво-рень кван-тування на виході каналу Акв дБ не менше | Припустима вірогідність помилки на один кілометр лінійного тракту ро,1/км | **НОМЕРА ВАРІАНТІВ** |
| 1010000110000101  | 4,5  | 120  | 19  | 2\*10-10  | 00  | 01  | 02  | 03  | 04  | 05  | 06  | 07  | 08  | 09 |
| 1100001011000011  | 3,6  | 240  | 21  | 10-11  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19 |
| 1110000010000101  | 4,0  | 180  | 24  | 5\*10-10  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29 |
| 1000011110000111  | 4,3  | 300  | 23  | 3\*10-10  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39 |
| 1101000011000011  | 3,5  | 360  | 20  | 10-10  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49 |

**Варіанти 50..99 Продовження таблиці 1.**

| Довжина лінійного тракту L, км  | 450  | 550  | 300  | 200  | 350 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кількість переприйомів по ТЧ , n  | 1  | 0  | 2  | 3  | 4 |
| Коефіцієнт шуму корегуючого підсилювача, F, од  | 5  | 3,5  | 4  | 4,5  | 3  | 6  | 5,5  | 7  | 6,5  | 3 |
| Амплітуда імпульсу на виході регенератора Uпер, В  | 2  | 6  | 5,5  | 2,5  | 3,5  | 3  | 4  | 4,5  | 5  | 4 |
| Кодова послідовність | Середній час віднов лення цик лового син хронізму **Тв,** **мс,** Не більше | Кількість ка налів передачі із смугою частот, що ефективно передаються 0,3..3,4 кГц, N | Захищеність гармонічно го сигналу від спотво-рень кван-тування на виході каналу Акв дБ не менше | Припустима вірогідність помилки на один кілометр лінійного тракту ро,1/км | **НОМЕРА ВАРІАНТІВ** |
| 1001000010000111  | 4,5  | 360  | 25  | 5\*10-11  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59 |
| 1000100001000001  | 4,0  | 120  | 24  | 6\*10-10  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69 |
| 1001100001000011  | 4,2  | 300  | 22  | 7\*10-11  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79 |
| 1000001000001001  | 3,7  | 240  | 20  | 9\*10-11  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89 |
| 1100100001000010  | 3,9  | 180  | 26  | 3\*10-10  | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99 |

7

**Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту**

**1. ВИБІР ЧАСТОТИ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ ТЕЛЕФОННИХ СИГНАЛІВ, РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ РОЗРЯДІВ У КОДОВОМУ СЛОВІ І ЗАХИЩЕННОСТІ ПІД СПОТВОРЕНЬ КВАНТУВАННЯ НА ВИХОДІ КАНАЛІВ ЦСП**

***Завдання***

Вибрати частоту дискретизації fд телефонних сигналів, обґрунтувати вибір. Вибрати і обґрунтувати вибір характеристики компресії. Визначати кількість розрядів у кодовому слові m, необхідне для забезпечення захищеності гармонічного сигналу, що вимагається, від спотворень квантування Акв в каналах розробленої ЦСП, в пункті приймання. Для найденої кількості розрядів розрахувати і побудувати залежність захищеності гармонічного сигналу від спотворень квантування в пункті прийому як функцію рівня цього сигналу. При розрахунку прийняти, що рівень перевантаження кодеру складає 0 дБ. Визначити діапазон зміни рівня вхідного сигналу ( в дБ), в якому захищеність від спотворень квантування на прийомі лишається не нижче заданої у табл. 1.

***Методичні вказівки щодо виконання завдання та стисла***

***теорія питання***

Вибір частоти дискретизації fд здійснюютьна основі теореми В.А. Котєльнікова. Вивчить матеріал розд. 3.2. [ 2 ] або розділ 5.3. [3], розгляньте мал.3.11. [ 2 ] або мал. 5.8. [ 3 ]; розберіться як демодулює АІМ-сигнал.

В тексті пояснювальної записки обґрунтуйте вибір номіналу частоти дискретизації, наведіть спектральну діаграму АІМ - сигналу і вкажіть на ній розрахункові значення частот.

Розрахунок кількості розрядів у кодовому слові m виконують на основі заданої величини захищеності від спотворень квантування на виході каналу А кв  і кількості переприйомів по ТЧ n. Згадайте, в чому сутність операції квантування, що таке рівномірне та нерівномірне квантування. Обгрунтуйте, чому в системах з ІКМ та ЧРК (ВРК) , призначених для передачі телефонних сигналів, слідує застосовувати нерівномірне квантування з характеристикою компресії близькій до логарифмічної. Для цього вивчить матеріал, викладений в розд. 15.5. та 15.6. [1 ] або розд. 7. 1. [ 3 ] і розд. 2.4. [ 4 ].

Рекомендуємо використовувати компресію, основану на 16-сегментній характеристиці, яка відповідає А-закону. В цьому випадку весь динамічний діапазон ділять на 16 відрізків ( сегментів) по вісім для кожної полярності. В межах кожного сегменту крок квантування незмінний. Оскільки характеристика компресії є непарною функцією, звичайно розглядають її позитивну гілку. (див. Табл.2).

 Таблиця 2

| Номер сегменту  | Розмір крок квантування | Верхня межа сегменту |
| --- | --- | --- |
| 7  | 64δ  | U0 (поріг перевантаження) |
| 6  | 32δ  | U0 /2 |
| … … … |
| 2  | 2δ  | U0 /32 |
| 1  | δ  | U0/64 |
| 0  | δ  | U0/128 |

В нульовому і першому сегментах крок квантування мінімальний і дорівнює δ, а в кожному наступному сегменті, починаючи з другого, величина кроку подвоюється. Кількість кроків квантування у всіх сегментах однакова.

Звідси слідує, що до тих пір поки амплітуда квантуємого гармонічного сигналу Uм не перевищує U0/64, де U0 – напруга, відповідна порогу перевантаження кодера, квантування є рівномірним. Тому захищеність сигналу від спотворень квантування при сигналу від спотворень квантування при *U U* / 64( *p* 36*дБ*) *m* ≤ *o* ≤змінюється лінійно з змінами рівня сигналу *р Um Uo*

= 20lg / .

Максимум захищеності в діапазоні рівнів –36 дБ ≤р ≤ −∞досягає при *р* 20lg 64 36*дБ* 1

−і складає:

= ≈ −

 *Акво*≈ 6*m* −10, дБ (1) де m – кількість розрядів в кодовому слові.

При 0 ≥р ≥ **–**36 дБ захищеність від спотворень квантування змінюється незначно, оскільки при збільшенні рівня сигналу збільшуються і спотворення

9

квантування (за рахунок збільшення кроку). При р>0 наступає перевантаження кодеру, і захищеність різко падає (рис. 1).



Рис.1

Коливальний характер залежності захищеності від рівня сигналу обумовлений стрибкоподібною зміною розміру кроку квантування при переході від сегменту до сегменту. Мінімальна величина захищеності нижче розрахованої по формулі (1) приблизно на 2 дБ; крім того слідує врахувати апаратурні похибки, що складають 4…5 дБ. Таким чином, мінімальну величину захищеності від спотворень квантування при нерівномірному квантуванні з характеристикою типу А в діапазоні рівнів 0*дБ* ≥ *р* ≥ −36*дБ*можна оцінити так:

 А кв мін ≈6m – (16…17) , дБ (2)

Якщо в розроблюваній ЦСП передбачені переприйоми по ТЧ, то захищеність на виході любого з каналів буде менше розрахованої по формулі (2). Звичайно вважають, що спотворення квантування, які вносяться при кожному переприйомі, некорельовані і тому сумуються по закону складання потужностей. Отже,

 А кв мін ≈6m – (16…17) – 10 lg (n +1), (3)

де n – кількість переприйомів по ТЧ.

Звідси слідує формула для визначення кількості розрядів в кодовому слові =*А n*

+10lg( +1) + (16...17)

*m Цкв*, (4) 6

10

де символ Ц означає найближче ціле число, більше числа, яке стоїть в квадратних дужках.

Після того, як визначена необхідна кількість розрядів в кодовому слові, розраховують і будують залежність захищеності від спотворень квантування на виході каналу від рівня сигналу. Методика розрахунку і побудова пояснюється на числовому прикладі. Припустимо m=8, а n=2. Визначимо по формулі (3) мінімальну величину захищеності сигналу у пункті прийому в діапазоні рівнів

0*дБ* ≥ *р* ≥ −36*дБ*з урахуванням заданого числа переприйомів по ТЧ і апаратурних похибок.

А кв мін ≈6m – (16…17) – 10 lg (n +1) = 48-16-10 lg3 ≈27 дБ

Максимальна величина захищеності в тому ж діапазоні буде приблизно на 3 дБ більше мінімальної

Акв макс = Аквмін +3 = 27+3=30 дБ

Наносимо на графік горизонтальні прямі, відповідні найденим Акв макс і Аквмін (рис. 2). Захищеність при р= –36 дБ приблизно на 2 дБ вище Аквмін: Акво = Аквмін +2=27+2=29 дБ.



Рис.2

Значення захищеності від спотворень квантування в діапазоні рівнів 0*дБ* ≥ *р* ≥ −36*дБ*лежать між ціми прямими. В діапазоні –36дБ≥р**>- ∞** квантування є рівномірним і тому Акв зменшується при зменшенні рівня сигналу на таку ж величину. Діапазон зміни рівня сигналу, в якому захищеність лишається не нижче заданої , знаходять безпосередньо з малюнка. При Акв = 25 дБ він складає D = 40 дБ.

11

**2. РОЗРОБКА ЗБІЛЬШЕНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КІНЦЕВОГО ОБЛАДНАННЯ ЦСП**

**Завдання**

Розробити і накреслити структурну схему кінцевого обладнання ЦСП, відповідну заданій кількості каналів. Указати призначення блоків структурної схеми і дати стислий опис їх взаємодії.

***Методичні вказівки щодо виконання завдання***

Розробку структурної схеми виконують, виходячи з заданої кількості каналів N. Треба мати на увазі, що лінійний тракт розроблюваної ЦСП будується або на основі коаксіального кабелю, що має чотири коаксіальні пари ( при однокабельній схемі), або на основі симетричного одночетверичного кабелю ( при двохкабельній системі). Для того щоб повністю використовувати всі пари, необхідно включити дві ідентичні ЦСП, кожна з яких має ємність N/2 каналів.

Розробку структурної схеми кінцевого обладнання ЦСП починати з АЦО. Рекомендується використовувати стандартне 30-канальне АЦО, а формування агрегатного цифрового сигналу здійснювати двома ступенями групоутворення . Щоб скласти структурну схему кінцевого обладнання, необхідно уважно вивчити матеріал, викладений в розд. 16.1, 17.2, 19.3 [1], або розд. 2.1. і розд. 5 [4]. Умовні графічні позначення елементів структурної схеми приведені в додатку до цих методичних вказівок.

**3. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ЧАСОВИХ ЦИКЛІВ ПЕРВИННОГО ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ І РОЗРАХУНОК ТАКТОВОЇ ЧАСТОТИ АГРЕГАТНОГО ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ**

**Завдання**

Розробити структуру часових циклів первинного цифрового сигналу. Вибрати значення коефіцієнта накопичення, обґрунтувати вибір. Розрахувати тактову частоту агрегатного цифрового сигналу.

***Методичні вказівки щодо виконання завдання і стисла теорія питання***

При розробці структури часових циклів приміть за основу стандартний цикл. Якщо розрахована кількість розрядів в кодовому слові не дорівнює 8, то необхідно зробити відповідну корекцію стандартного первинного циклу.

12

Структура часових циклів повинна бути зображена в такому виді, як це зроблено в [1] на рис. 19.2. Приведіть її стислий опис.

Після виконання цього завдання виберіть значення коефіцієнтів накопичення приймальника циклового синхросигналу, вивчивши матеріал розд. 16.7. [1], розд. 2.5. [4] та ознайомившись з приведеними нижче поясненнями. В неадаптивному приймальнику з послідовно працюючими ланцюгами пошуку і утримання синхронізму середній час його відновлення визначається виразом:

Тв = tн вих + tп + tнвх, (5)

де tн вих, tн вх – відповідно час накопичення по входу і виходу до синхронізму; tп – середній час пошуку синхросигналу.

Оцінити середній час пошуку можна таким чином:

⎢⎣⎡+

=1 *к m к m*

⋅⎥⎦⎤

*t*

− + *c*

1 (6)

+ −

*c*

*п T*

*m*

*c*

2 1 −

+

*к m*

*o*

*c*

де к – кількість інформаційних позицій, обмежених двома сусідніми синхрословами; mс – кількість символів в синхрослові; То – часовий інтервал між двома сусідніми синхрословами.

Приклад: В стандартному АЦО прийнято m = 8, а кількість канальних інтервалів дорівнює 32. В нульовому канальному інтервалі кожного парного циклу передається синхросигнал, який складається з семи розрядів ( mc =m –1=8–1=7).

Тому що, синхрослово передається через цикл, То = 2 Тц = 0,25 мс. В кожному парному циклі розміщено 31×8 = 248 інформаційних позицій, а в кожному непарному 32×8 = 256 . Загальна кількість інформаційних позицій між двома сусідніми синхрословами К = 248+256 =504. Звідси:

*к m к m*

⋅ = ⎥⎦⎤

− +

1

+ −

1

504 7 1 − +

504 7 1

⎢⎣⎡+

*c*

*c*

+ −

*пc*] 0,25 1,23

+

*T мс*

[

*to*

7⋅ = +

=

*m*

2 1 −

*к m c*

2 1 −

504 7 +

Із принципу дії приймальника синхросигналу слідує , що

 tн вих = То r вих , t н вх = То r вх,

де rвих та rвх – відповідно коефіцієнти накопичення по виходу із синхронізму і входу до синхронізму. Обґрунтуйте вибір коефіцієнтів накопичення. Врахуйте, що rвих не рекомендується вибирати менше чотирьох , а rвх – меншим двох. Перевірте щоб значення Тв, розраховане за формулою (5), не

13

виявилося більше заданого. В іншому випадку прийміть заходи для його зменшення.

Можливо, наприклад, використовувати приймальник синхросигналу з паралельно працюючими ланцюгами пошуку і утримання синхронізму або змінити структуру циклу з метою зменшення пошуку tп дивись формулу (6). Тактову частоту первинного (компонентного) потоку розраховують за формулою:

fт1 = 32 fд m, кГц. (7)

Задача другого ступеню цифрового групоутворення полягає в об’єднанні кількох компонентних цифрових сигналів в агрегатний сигнал з відповідно більшою швидкістю передачі. Відомі два метода групоутворення : синхронне і асинхронне. Матеріали цього питання розміщені в розд. 17.1…17.5 [1] і розд. 5[4]. В розроблюваній ЦСП рекомендується використовувати синхронне об’єднання, реалізація якого здійснюється більш простими технічними засобами. Тактову частоту агрегатного цифрового сигналу визначають по формулі:

fт= fт1 М (1+r),

де М – кількість об’єднаних компонентних сигналів; r – відношення кількості додаткових символів в циклі агрегатного сигналу до загальної кількості символів в циклі ( r = 0,01…0,02).

14

**4. ПОБУДОВА СИГНАЛУ НА ВИХОДІ РЕГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ЗАДАНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ СИМВОЛІВ. РОЗРАХУНОК І ПОБУДОВА ЧАСОВОЇ ДІАГРАМИ СИГНАЛУ НА ВИХОДІ КОРЕГУЮЧОГО ПІДСИЛЮВАЧА РЕГЕНЕРАТОРА**

***Завдання***

Обґрунтувати доцільність використання в ЦСП квазітрійкових кодів. Зобразити задану в табл.1 двійкову послідовність символів в кодах з ЧПІ і КВЩ 3. Вказати основний недолік коду з ЧПІ. Розрахувати і побудувати часову діаграму сигналу на виході коректувального підсилювача регенератора в (ТРР) , відповідну заданій послідовності символів в коді КВЩ-3. На цій діаграмі вказати пороги рішення і моменти часу, в які вони виносяться. Доказати, що при відсутності завад регенерація відбувається без помилок.

***Методичні вказівки щодо виконання завдання та***

***стисла теорія питання***

Перед тим, як приступати до виконання цього завдання, роздивіться структуру цифрового лінійного тракту і усвідомте вимоги, пред’явлені до кодів в лінії. Для цього вивчить учбовий матеріал, викладений в розд. 18.1…18.3.[1], розд.10.3 [1], розд.6.2. [4].

В ЦСП з ІКМ широке розповсюдження получили квазітрійкові коди з ЧПІ і КВЩ. В коді з ЧПІ символи “1” двійкової послідовності передаються по черзі імпульсами позитивної і негативної полярностей. (рис. 3,б). Алгоритм формування КВЩ-3 більш складніший. До тих пір, поки не появляться чотири або більше “нуля”, то кожна комбінація з чотирьох послідовностей “нулів” заміщається однією з комбінацій приведених в таблиці 3.

Таблиця 3

| **Полярність останнього імпульсу перед** **заміною** | **Вид заміщуваної комбінації для числа імпульсів після останньої заміни** |
| --- | --- |
| Непарного  | Парного ( включаючи нуль) |
| -  | (000-)  | (+00+) |
| +  | (000+)  | (-00-) |

15



Рис.3

При використанні такого алгоритму відбувається систематична зміна полярностей імпульсів, яка порушує правило чергування знаків, прийняте в коді з ЧПІ. Це веде до вирівнювання кількості позитивних і негативних імпульсів у сигналі, який передається, що забезпечує відсутність в його спектрі частот постійної складової і зменшення рівня низькочастотних складових. На приймальній стороні заміна розпізнається по порушенню правил чергування полярностей і в свою чергу заміщаються комбінаціями (0000).

Роздивимось приклад побудови сигналу на виході регенератора для коду КВЩ-3 (рис.3,в і рис.3,г). Перші три символи формуються так же, як в коді з ЧПІ. Далі послідовність з чотирьох, слідкуючих один за одним “нулів “ замінюється однією з двох заміщуваних комбінацій (000-) або (+00+), вибір якої в даному випадку вільний, оскільки невідомо, яке число імпульсів було передано після останнього заміщення. Нехай в якості заміщуваної була обрана комбінація (000-) мал. 3,в). Восьмий, дев’ятий і десятий символи формуються згідно з правилом чергування полярностей імпульсів. Наступні за десятим символом чотири нуля заміщаються комбінацією (+00+), так як полярність останнього імпульсу перед заміною негативна, а після останньої заміни пройшло парне число імпульсів (два). Третя заміщувана комбінація має вигляд (-00-), оскільки полярність останнього імпульсу перед заміною позитивна, а кількість імпульсів є парним числом (чотири).

Якщо в якості першої заміщуваної комбінації вибрана комбінація (+00+), то структура коду трошки зміниться (рис.3,г).

Важлива перевага ЦСП перед аналоговими СП міститься у можливості регенерації цифрового сигналу. Задачею регенерації є відновлення початкової форми, амплітуди і часового положення імпульсів.

Причинами спотворень прямокутної форми імпульсів на виході фізичного кола є лінійні (частотні і фазові) спотворення, що вносяться колом. Через них

16

спотворений імпульс значно збільшує свою тривалість. Тому на кожний символ сигналу в лінії, який поступає на вхід регенератора після проходження дільниці кола діє безліч сусідніх символів цифрового коду. Такий сильний вплив між символами, який називається міжсимвольними спотвореннями , приводить до неможливості правильної регенерації цифрового сигналу.

Для зменшення міжсимвольних спотворень сигнал до регенерації корегують. Одночасно здійснюють його підсилення. Ці операції виконуються корегувальним підсилювачем (КП) , включеним на вході регенератора (рис 4)

Рішення про переданий символ (0 або1 для двоїстого коду, -1,0,+1 для троїстого коду) виносить вирішальний пристрій (ВП) . Вхід ВП будемо називати точкою рішення регенератора (ТРР).



Рис. 4.

Раціональний вибір тривалості і форми імпульсного відклику в ТРР на самітній прямокутний імпульс, поданий на вхід дільниці регенерації, є одним з важливих питань, що виникають при проектуванні цифрових лінійних трактів. Пояснимо, чому питання настільки важливе. Для цього розглянемо діаграми, показані на рис.5.

На діаграмі рис.5а зображений цифровий сигнал на вході дільниці регенерації; Тт =1/fт – тактовий інтервал. На діаграмах рис.5б, рис.5в, рис.5г, суцільними кривими зображені сигнали в ТРР при різних тривалостях відклику на самітній імпульс: Тт, 2Тт, 3Тт (по основі імпульсу) . Пунктирними кривими показані відклики на кожний окремий кодовий імпульс. Суцільний сигнал знаходять сумуванням цих відкликів. Для зручності максимум кожного відклику поєднаний з серединою прямокутного імпульсу.

В дійсності імпульси на виході КП з’являються з деякою затримкою в часі, яка не має значення для подальших розмірковувань і тому не враховується. Сигнал з виходу КП поступає на ВП регенератора, на другий вхід якого подаються синхроімпульси, сформовані у виділювачі тактового синхросигналу. (ВТС) (діаграма рис.5д). На виході ВП в кожний тактовий момент часу з’являється “одиниця” , якщо напруга сигналу на його вході по абсолютній величині більше порогового значення Uпор В інакшому випадку формується “нуль”(пробіл) . Величину Uпор вибирають рівній половині амплітуди імпульсу на виході КП.

17



Рис.5

Розглянемо сигнал, зображений на діаграмі рис.5б. Видно, що міжсимвольні спотворення відсутні, так як окремі відклики не перекриваються з часом. Такий сигнал легко регенерується (діаграма рис.5е ). Сигнал, отриманий сумуванням відкликів з подвійною тривалістю (діаграма рис.5в), також може бути регенерований без помилок, не дивлячись на те, що міжсимвольні спотворення мають тут місце. При сильних спотвореннях, що виникають при збільшенні тривалості відклику до 3Тті більше, з’являються помилки при регенерації (діаграма рис.5г, рис.5ж).

Означає це, що для зменшення вірогідності помилки при регенерації необхідно повністю позбавитись від міжсимвольних спотворень? Ні, не означає. Справа в тому, що приведений вище якісний аналіз не враховує наявності завад в лінійному тракті. Щоб зменшити тривалість відклику, необхідно збільшити ширину полоси частот, в якій використовується кабельне коло( нагадуємо, що чім вужче імпульс, тим ширше його спектр частот). Це в любому випадку приведе до зменшення захищеності від власної завади в ТРР і збільшенню вірогідності помилки регенерації за рахунок цієї завади. Тому вибір форми і тривалості відклику в ТРР є результатом компромісу між величиною міжсимвольних спотворень і рівнем завад.

В курсовому проекті рекомендується використовувати відклик, який описується виразом: (9)

18

*g*

=

π

2

π

sin 2

*Tt*

*Tt T*

 (9)

*ot T* [ ( ) ]2

1 4

*T*

−

*T*

Його ефективна тривалість (по основі) дорівнює 2Тт.

Для зручності виконання подальших розрахунків відклик нормується відносно свого максимального значення: gо (0) = 1. Вид відклику показаний на мал. 6, з якого видно, що відклик (9) має малий рівень бокових пелюсток при

*t*>Тт більше 2Тт, gо =0. Тому міжсимвольні спотворення розповсюджуються тут не більше ніж на 4 сусідні символи. Крім того, імпульс (9) має доволі вузький спектр частот, зосереджений переважно в низькочастотній області частотного діапазону: від 0 до fT (рис.7), де згасання кабельного кола порівняне невелике. Ці властивості відклику і його спектра частот дозволяють в певній мірі забезпечити припустимий компроміс між завадами і міжсимвольними спотвореннями.



Рис.7

Щоб побудувати часову діаграму сигналу на виході КП, необхідно в першу чергу визначити значення відклику (9) у фіксовані моменти часу. Рекомендується вибрати крок зміни аргументу t / Тт = 0,2, а потім по формулі (9) знайти значення відклику в моменти часу t1 = 0,2Тт, t2 = 0,4Тт і т.д. Результати розрахунку зводимо в табл. 4.

Таблиця 4.

| t/Тт  | 0  | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2,0 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| go(t/Тт )  | 1  |  |  |  |  | 0  |  |  |  |  | 0 |

19

Так, як функція (9) парна, то gо (t) = gо \_(-t). Для розрахунку часової діаграми треба скласти імпульсні відклики на кожний елемент коду КВЩ-3, аналогічно тому, як це зроблено на рис.5в.

 Побудову діаграми виконуйте на міліметровому папері у достатньо великому масштабі, прийнявши величину одного тактового імпульсу рівною 2…2,5 см.

**5. РОЗРАХУНОК МАКСИМАЛЬНИХ ДОВЖИН ДІЛЬНИЦЬ РЕГЕНЕРАЦІЇ І ВИБІР ТИПУ КАБЕЛЮ**

**Завдання**

Розрахувати максимально допустимі довжини дільниць регенерації при використанні коаксіальних і симетричних пар заданих розмірів і вибрати тип кабельного кола, базуючись на техніко-економічних міркуванням.

***Методичні вказівки щодо виконання завдання***

***і стисла теорія питання***

Одним з основних видів завад в лінійних трактах ЦСП, які працюють з металевими жилами, є власна завада. Вона включає дві складові: тепловий шум кабелю і шум підсилювальних елементів регенератора. При збільшенні довжини дільниці регенерації захищеність від власної завади зменшується, так як згасання кола збільшується із збільшенням його довжини. Тому завжди існує максимально допустима довжина дільниці, при якій ще забезпечується захищеність сигналу, що вимагається, від власної завади в ТРР, а значить вірогідність помилки у самотньому регенераторі лишається не вище допустимої величини.

Очікувану величину захищеності від власної завади в ТРР можна розрахувати за формулою:

*f*

*T*

*А* = *р* + − *F* − −1,175α ⋅

*ЗВЛЗ пер l*

121 10lg 10lg ,

2

справедливій при 50*дБ* ≤α*lрег* ≤ 90*дБ*. В цій формулі:

*рег*

рпер – абсолютний рівень пікової потужності імпульсу на виході регенератора;

F – коефіцієнт шуму корегуючого підсилювача; fT – тактова частота цифрового сигналу в лінії, МГц;

20

50*дБ* ≤α*lр* ≤ 90*дБ* – коефіцієнт згасання кабельного кола на напівтактовій частоті, дБ/км.

l рег – довжина дільниці регенерації, км

Величини

αі р пер розраховують по формулам: 2

*U Z*

÷

=*пер в*

/ 2, *T* α = *а f* ,

*р*

*пер*

10lg 3

10

−

де *а* – параметр функції, яка апроксимує частотну залежність коефіцієнта згасання;

 Uпер – амплітуда імпульсу на виході регенератора, вольт; Zв – хвильовий опір кола, Ом

Величину захищеності, яка вимагається ( для отримання заданої вірогідності помилки в самотньому регенераторі) при використанні квазітрійкового коду в лінії і гаусівській завади можна оцінити по формулі:

−1

*Аз вим*= + *Pпом* + Δ*Аз*

1 10,65 11,42lg , (11)

справедливій при 4

15 10 10 − −

≤ *Рпом* ≤ ,

1

де *Рпом 1* – вірогідність помилки в одному регенераторі;

Δ*Аз* – запас завадостійкості, який враховує неідеальність регенератора, дБ. Приймемо Δ*Аз*= 5…10 дБ.

Максимальна довжина дільниці регенерації l р макс. находять з рівняння А з влз = А з вим, враховуючи, що Рпом1 = Ро lр , де

Ро – допустима вірогідність помилки на один кілометр лінійного тракту,1/км.

Це рівняння краще розв’язувати графічно, побудувавши в достатньо крупному масштабі дві криві Аз влз (l р) і А з вим ( l р) . Абсциса точки їх перетину визначає корінь рівняння величину l р макс

Результати розрахунків заносять до табл. 5, графіки приводять у тексті пояснювальної записки, необхідні дані беруть з табл.6.

Таблиця 5

| l р, км  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Азвп,дБ  | Коакс.2,6/9,4 мм |  |  |  |  |  |
| Коакс.1,2/4,6 мм |  |  |  |  |  |
| Коакс.0,7/3,0 мм |  |  |  |  |  |
| Коакс.1х4х1,2 мм |  |  |  |  |  |
| А з вим, дБ |  |  |  |  |  |

21

В лінійних трактах, побудованих на основі симетричного кабелю, наряду з власною завадою приходиться рахуватися з перехідною завадою між парами одного й того ж кабелю. При двокабельній схемі організації двостороннього зв’язку, найбільш суттєвою є перехідна завада , пов’язана з наявністю перехідного впливу на дальньому кінці ланцюга. Найбільший рівень перехідної завади має місто при передачі у впливовому колі послідовності імпульсів з полярністю, яка чергується, показаній на мал.8.

Таблиця 6

| **Тип кабелю, розмір пар,мм** | **Коаксіальний**  | **Симетричний** |
| --- | --- | --- |
| 2,6/9,4  | 1,2/4,6  | 0,7/3,0  | 1х4х1,2 |
| α | 2,54  | 5,47  | 9,03  | 5,35 |
| Z в, Ом  | 75  | 75  | 75  | 140 |
| Вартість одного кілометра кабелю, Скаб грн./км | 3,6  | 1,6  | 0,9  | 2 х 0,345 |
| Вартість одного НРП, Снрп, тис.грн. | 5,5 |

Спектр такого сигналу містить складову з напівтактовою частотою і її непарні гармоніки. Оскільки полоса пропускання КП обмежена тактовою частотою, то заваджуючий вплив буде чинити тільки перша гармоніка цієї імпульсної послідовності.



Рис.8

В цьому випадку захищеність від перехідної завади в ТРР дорівнює захищеності ланцюга на дальньому кінці на напівтактовій частоті. (див. Розд.6.7.[4] або розділ 6.1. [6] )

А з.пп = А зl(fт / 2). (12)

Частотна залежність середнього значення захищеності на дальньому кінці ланцюга з кордельно-полістерольною ізоляцією має вигляд

Азl (f) = A зl (f=1МГц) – 40 lgf (13)

Тут, як і раніше, частота виражена у мегагерцах.

22

Використовуючи формули (12), (13), визначте захищеність від перехідної завади, порівняйте найдене значення захищеності з допустимим А зпп доп + 18 дБ, зробіть висновки про можливість використання симетричного кабелю на розрахункових частотах. Приміть, що захищеність ланцюга на дальньому кінці на частоті 1 МГц складає Азl = (f=1 МГц) = 60 дБ.

Вибір типу кабелю здійснюють на основі економічних міркувань: розраховують затрати на кабель і апаратуру лінійного тракту для всіх заданих варіантів пар і аналізують отримані результати. Порядок розрахунку такий.

Визначають кількість НРП на магістралі Qнрп = Ц (L/lрег ) – n, їх вартість Снрп = Снрп х Qнрп. Находять затрати на кабель С каб = С каб х L і сумарні затрати Со = Снрп + Скаб. Тут Снрп – вартість одного НРП; Скаб – вартість одного кілометру кабелю; n – кількість ОРП на магістралі, рівне згідно умові кількості переприймань по ТЧ .

Символ Ц означає найближче ціле число, більше числа, яке стоїть в дужках. Вихідні дані беруть з табл.6.

**6. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЛІНІЙНОГО ТРАКТУ ЦСП**

***Завдання***

Оцінити надійність лінійного тракту ЦСП, яка проектується по наступним показникам: інтенсивності відмов, середньому часу напрацювання на відмову, вірогідності безвідмовної роботи на протязі доби, місяця і року, коефіцієнту готовності.

***Стисла теорія питання і методичні вказівки***

***щодо виконання завдання***

Під надійністю елемента (системи ) розуміють здатність виконувати задані функції з заданою якістю на протязі деякого відрізу часу в певних умовах. Зміна стану елемента (системи), яка тягне за собою втрату вказаної властивості, називається відмовою. Системи передачі відносяться до відновлювальних систем, в яких відмови можливо усувати.

Одне з центральних положень теорії надійності полягає в тому, що відмови в ньому розглядають як випадкові події. Інтервал часу від моменту включення елемента(системи) до його першої відмови є випадковою величиною, яка називається “час безвідмовної роботи”. Інтегральна функція розподілу цієї випадкової величини, яка представляє собою (згідно визначення) вірогідність того , що час безвідмовної роботи буде менш ніж t, позначається q (t) і має смисл вірогідності відмови на інтервалі 0…t. Вірогідність протилежної події -

безвідмовної роботи на цьому інтервалі дорівнює p ( t ) = 1- q ( t ). Зручною мірою надійності елементів і систем є інтенсивність відмов

λ(*t*),

яка представляє собою умовну щільність вірогідності відмов в момент t, при

23

умові, що до цього моменту відмов не було. Між функціями взаємодія

λ τ *d*τ

λ(*t*)і p(t) існує

=−

*p t e* ( )

∫

( )

В період нормальної експлуатації ( після припрацювання , але ще до того як наступив повний фізичний знос) інтенсивність відмов приблизно постійна

λ(*t*)=

*р t*−λ

В цьому випадку *t*

( ) =  .

λ .

Таким чином, постійній інтенсивності відмов, характерній для періоду нормальної експлуатації, відповідає експоненціальне зменшення вірогідності безвідмовної роботи з бігом часу.

Середній час безвідмовної роботи (напрацювання на відмову) знаходять як математичне очікування випадкової величини “час безвідмовної роботи “

∞

*dq t*

∞

( ) 1 ⎢⎣⎡

⎥⎦⎤

*t tt*

=

−

∫ ∫ λ

λ

*сер*

*dt*

*dt te dt* = =

λ

0 0

Отже, середній час безвідмовної роботи в період нормальної експлуатації

обернено пропорційний інтенсивності відмов t сер = 1/ λ .

Оцінимо надійність деякої складної системи , яка складається з множини різнотипних елементів. Нехай р1 (t), р2 (t),………рr (t) – вірогідність безвідмовної роботи кожного елемента на інтервалі часу 0……t, r – кількість елементів в схемі. Якщо відмови окремих елементів проходять незалежно, а відмова хоча б одного елемента веде до відмови всієї системи ( такий вид з’єднань елементів в

теорії надійності називається послідовним), то вірогідність безвідмовної роботи системи в цілому дорівнює добутку вірогідностей безвідмовної роботи окремих її елементів.

*r*

*r*

−λ −λ

*t t*

*систi сист Р t П р t П е e*

( ) ( ) , (14) = ⋅ = =

*i*

*r*

λ*сист* ∑ λ

=

*і*

= = 1 1 *i*

де *i*

– інтенсивність відмов системи;

*i*

=

1

 λ*i*– інтенсивність відмови i-го елемента. Середній час безвідмовної роботи системи

24

*сер сист сист t*. . =1/λ(15)

До числа основних характеристик надійності відновлювальних елементів і систем відноситься коефіцієнт готовності.

*t*

*сер*

*К*+

= , (16)

*rt t*

*сер в*

де tв – середній час відновлення елемента (системи). Він відповідає вірогідності того, що елемент (система) буде дієздатна в любий момент часу. Методика розрахунку основних характеристик надійності лінійного тракту полягає в тому що:

1. Розрахунок інтенсивності відмов і середнього часу напрацювання на відмову тракту.

У відповідності з виразом (14) інтенсивність відмов лінійного тракту визначають як суму інтенсивності відмов НРП, ОРП і кабелю:

*сист нрп нрп орп каб* λ = λ ⋅ + λ + λ ⋅

*Q L*,

де

λ*нрп*,

λ*орп*– інтенсивність відмов НРП і ОРП;

 Qнрп – кількість НРП

 λ*каб* – інтенсивність відмов одного кілометра кабелю;

 L – довжина магістралі;

Середній час безвідмовної роботи лінійного тракту визначають по формулі (15). Результат повинен бути визначений в роках.

2. Розрахунок вірогідності безвідмовної роботи.

Вірогідність безвідмовної роботи на протязі заданого відрізку часу знаходять по формулі (14) для t1 = 24 годин (доба), t2 =720 годин (місяць) і t3 = 8760 годин (рік)

3. Розрахунок коефіцієнту готовності.

Цю характеристику надійності розраховують по формулі (16). Середній час відновлення зв’язку находять як:

λ ⋅ ⋅ + λ ⋅ ⋅ + λ ⋅ ⋅

*Q t Q t L t*

*t*

*нрп нрп в нрп орп орп в орп каб в каб*

= , (17) *в*

λ

*сист*

де tвнрп, tворп, tвкаб – час відновлення відповідно НРП, ОРП та кабелю.

25

Значення необхідних для розрахунків параметрів візьміть з табл.7

Таблиця 7.

| **Найменування елемента** | **НРП**  | **ОРП**  | **Кабель** |
| --- | --- | --- | --- |
| λ, 1/год  | 3 10-8 | 10-7 | 5 10-8(на один кілометр) |
| tв , годин  | 4,0  | 0,5  | 5,0 |

**Контрольні завдання та питання**

1. Поясніть принципи ІКМ: дискретизацію, квантування, кодування. 2. Покажіть спектральну діаграму АІМ сигналу. З її використанням поясніть смисл теореми В.А.Котєльнікова. Поясніть, чому на практиці частоту дискретизації вибирають з умови:

fд =(2,15…2,4) fв

де fв – верхня гранична частота спектру сигналу, який дискретизується. 3. Як розрахувати потужність перетворень квантування при рівномірному квантуванні ?

4. В скільки разів (на скільки дБ) зміниться відношення сигнал /перетворення квантування при зміні кількості розрядів у кодовому слові на два? При зменшенні амплітуди сигналу, що кодується в чотири рази?

5. Зобразити залежність захищеності сигналу від спотворень квантування від рівня сигналу при рівномірному і нерівномірному квантуванні. Чому при телефонному зв’язку характеристику компресії вибирають близькою до логарифмічної ?

6. Як залежить захищеність від спотворень квантування від кількості переприймань по каналу ТЧ? Дайте фізичне пояснення цій залежності. 7. Які фактори обмежують кількість каналів АЦО? Що дає використання ієрархічного принципу побудови багатоканальних ЦСП?

8. Яке призначення накопичувачів по входу в синхронізм і по виходу з синхронізму? З яких міркувань вибирають значення коефіцієнтів накопичення? 9. Чому збої символів цифрового сигналу приводять до цокотіння на виході каналу? Збої яких розрядів кодового слова особливо помітні? 10. Як і чому спотворюється імпульсний сигнал на виході фізичного кола? Для чого необхідна корекція форми цього сигналу?

11. Сформулюйте основні вимоги , які пред’являються до довжини і форми самотнього відклику на вході вирішального пристрою.

12. Покажіть спрощену структурну схему регенератора. Поясніть принцип його дії.

26

13. Сформулюйте основні вимоги до кодів в лінії ЦСП. Чім викликне широке використання квазітрійкових кодів? Поясніть принцип формування кодів з ЧПІ і КВЩ-3. В чому недолік коду з ЧПІ?

14. Як розрахувати тактову частоту і ширину спектру частот ІКМ сигналу? В скільки разів полоса частот ІКМ сигналу ширше полоси частот первинного сигналу?

15. Покажіть залежність коефіцієнта загасання кола металевого кабелю від частоти? Як зміниться загасання кола при збільшенні частоти вдвоє? 16. Чому цифрові системи можуть використовувати кабельне коло в більше широкому діапазоні частот, чім аналогові?

17. Яким чином виділяють тактовий синхросигнал з цифрового сигналу? Для чого потрібен тактовий синхросигнал?

18. Сформулюйте вимоги до величини захищеності сигналу від власних завад в ТРР. Чому на практиці величину захищеності вибирають на 5…10 дБ більше мінімально допустимої?

19. Від чого залежить максимальна довжина дільниці регенерації? 20. Дайте визначення основних показників надійності.

27

ДОДАТОК

Умовні позначення елементів кінцевого обладнання

Позначення Найменування

Підсилювач

Фільтр нижніх частот

АІМ модулятор (дискретизатор)

Кодер (аналогово-цифровий перетворювач)

Декодер (цифро-аналоговий перетворювач)

Апаратура об"єднання цифрових сигналів

 (колектор цифрових потоків)

Апаратура розподілу цифрових сигналів

 (розподілювач цифрових потоків)

Перетворювач коду передачі або приймання

(кодер лінійного тракту)

Регенератор

Якщо позначення потрібного едлемента відсутнє в таблиці, його позначають у вигляді прямокутника, в середені якого вказують найменування елемента.

28