Федеральное агентство связи

Московский технический университет связи и информатики

Кафедра многоканальных телекоммуникационных систем

Курсовой проект

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ**

Выполнил:

Группа: БСС1202

Вариант: 12

Проверила: Азбукина О. Г.

Москва 2015

Содержание

[1. Исходные данные для проектирования. 2](#_Toc352457215)

[2. Технические данные аппаратуры и кабеля. 3](#_Toc352457216)

[Аппаратура ИКМ-480. 3](#_Toc352457218)

[Аппаратура ИКМ-480. 3](#_Toc352457218)

[Аппаратура ИКМ-1920 7](#_Toc352457219)

 [Кабель типа МКСА-4х4х1,2 9](#_Toc352457220)

[Кабель типа ТП(Т)-0,7 9](#_Toc352457221)

[Кабель КМ-4 10](#_Toc352457222)

[3. Расчет длины участка регенерации и цепи дистанционного питания. 11](#_Toc352457223)

[Расчет для местного участка сети 11](#_Toc352457224)

[Расчет для внутризонового участка 13](#_Toc352457225)

[Расчет для магистрального участка сети 15](#_Toc352457226)

[4. Расчет защищенности сигнала от шумов в линейном тракте. 17](#_Toc352457227)

[Расчет допустимой защищенности сигнала на входе регенератора. 17](#_Toc352457228)

[Расчет реальной защищенности сигнала на входе регенератора. 18](#_Toc352457229)

[5. Расчет шумов оконечного оборудования. 22](#_Toc352457230)

[Шумы дискретизации. 22](#_Toc352457231)

[Равномерное квантование. 24](#_Toc352457232)

[Неравномерное квантование. 26](#_Toc352457233)

[Шумы незанятого канала. 29](#_Toc352457234)

[Инструментальные шумы. 30](#_Toc352457235)

[6. Расчет показателей качества связи.](#_Toc352457236) 31

7[. Комплектация необходимого оборудования.](#_Toc352457241) 33

[Местный](#_Toc352457242) участок (ИКМ-30)………………………………………………………………………33

Внутризоновый участок (ИКМ-120)……………………………………………………………...33

Магистральный участок (ИКМ-1920)…………………………………………………………….34

9. Список литературы………………………………………………………………………………...35

# Исходные данные для проектирования.

Длина цепи, тип системы передачи и тип кабеля для каждого участка сети указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Участок сети | Длина, км | Система передачи | Тип кабеля |
| Местный | 60 | ИКМ-30 | ТП(Т)-0,7 |
| Внутризоновый | 600 | ИКМ-480 | МКС4х4 |
| Магистральный | 750 | ИКМ-1920 | КМ-4 |

 Параметры сигнала и оборудования, необходимые для курсового проектирования представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

|  |  |
| --- | --- |
| Коэффициент шума корректирующего усилителя | F = 8 |
| Запас помехоустойчивости регенератора | ΔAз = 13 дБ |
| Падение напряжения на один НРП | Uнрп = 20 В |
| Пик-фактор сигнала | Q = 14,8 дБ |
| Среднеквадратическое отклонение волюма сигнала | σy = 4,3 дБ |
| Среднее значение волюма сигнала | y0 = -11 дБ |
| Требуемая защищённость от шумов дискретизации | Аз дискр = 65 дБ |
| Минимально допустимая защищённость от шумов квантования | Аз кв мin = 28 дБ |
| Коэффициент, учитывающий инструментальную погрешность | ε = 9∙10-4 |
| Вероятность ошибки на магистрали | Рош = 10-6 |
| Относительная величина шумов регенератора | ηрег = 0,04  |

# Технические данные аппаратуры и кабеля.

**Аппаратура ИКМ-30**

1.Аппаратура предназначена для организации на ГТС соединительных линий между АТС различного типа. Аппаратура работает по низкочастотным многопарным кабелям типа ТГ и ТПП при использовании одно- или двухкабельной системы связи.

2.Скорость передачи цифрового сигнала в линии- 2048 кбит/сек.

3.Дальность действия аппаратуры в зависимости от используемого кабеля- 60-108 км.

4.Цепи усиления регенератора обеспечивают компенсацию затухания участка регенерации в пределах от 8 до 36 дБ (на частоте 1024 кГц).

5.Тип кода в линии -ЧПИ (импульсы с амплитудой ±3 В передаются со скважностью равной 2).

6.Структурная схема передачи. Цикл содержит 32 канальных интервала (КИ0-КИ31), каждый из которых содержит 8 тактовых(разрядных) интервалов. Канальные интервалы КИО и КИ16 используются для передачи циклового синхросигнала и СУВ соответственно, а КЖ-КИ15, КИ17-КИ31 являются информационными. Для передачи СУВ всех каналов организуется сверхцикл, состоящий из 16 циклов, причем в каждом цикле в КИ16 осуществляется передача СУВ для двух каналов.

7.Регенераторы питаются дистанционно по фантомной цепи. Ток дистанционного питания равен 50 мА, а максимальное напряжение дистанционного питания равно 245 В.

8.Служебная связь в спектре 0,3-3,4 кГц организуется по отдельным парам кабеля. Для целей телеконтроля также выделяются отдельные пары кабеля.

9.Комплектация оборудования.

На крупных оконечных станция устанавливаются стойки аналого-цифрового оборудования (САЦО) и стойки оборудования линейного тракта (СОЛТ).На САЦ размещается АЦО четырех систем, а к одной СОЛТ может быть подключено до семи САЦО. СОЛТ используется в качестве обслуживаемого регенеративного пункта (ОРД).

На небольших оконечных станциях устанавливается стойка оконечного оборудования (СОО), на который размещается аналого-цифровое и линейное оборудование трех систем.

В аппаратуре предусмотрено использование следующих типов необслуживаемых регенеративных пунктов (НРП): НРПК-12 (на 12 двусторонних линейных регенераторов) или НРПК-24 (на 24 линейных регенератора).

Рис. 2.1. Структура цикла передачи ИКМ-30.

## Аппаратура ИКМ-480.

1. Аппаратура ИКМ – 480 (имеются модификации ИКМ-480х2 и ИКМ–480с) предназначена для организации каналов на внутризоновых и магистральных сетях при использовании коаксиальных кабелей МКТ – 4 с парами 1,2/4,4 мм. Линейный тракт организуется по однокабельной схеме.
2. Скорость передачи цифрового сигнала – 34368 кбит/с.
3. Максимальная дальность связи – 2500 км.
4. Цепи усиления регенератора обеспечивают компенсацию затухания участка регенерации в пределах от 43 до 73 дБ (на частоте 17184 кГц).
5. Тип кода в линии – КВП – или ЧПИ со скремблированием.
6. Структура цикла передачи представлена на рис. 2.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | ∙∙∙ | 716 | № позиций |
| Цикловой синхросигнал |  I II III IV I II IV | I субцикл |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | ∙∙∙ | 716 | № позиций |
| I II III IVПервые символы КСС | Служебная связь | Контроль и сигнализации | I II III IVВторые символы КСС | I II III IV I II IV | IIсубцикл |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | ∙∙∙ | 716 | № позиций |
| I II III IVТретьи символы КСС | ПДИ | I II III IVДополнит. Информ. при отриц. КСС | I II III IV  | I II IV | III субцикл |

Tц/3 = 62,5/3 *мкс*

Рис. 2.2. Структура цикла передачи ИКМ-480.

Длительность цикла равна 62,5, он содержит 2148 импульсных позиций и условно

разбит на 3 группы по 716 позиций в каждой.

1. Дистанционное питание НРП осуществляется по центральным жилам коаксиальных пар постоянным током 200мА. Максимальное напряжение ДП равно 1300В. Длина секции ДП составляет примерно 200 км.
2. Служебная связь между оборудованием ТВГ осуществляется по цифровому каналу (рис.2), между ОРП – по высокочастотным каналам служебной связи, а между НРП и ОРП – в спектре 0,3 – 3,4 кГц по рабочим парам кабеля.

Телеконтроль осуществляется по рабочим парам без перерыва связи.

1. Комплектация оборудования.

Стойка третичного временного группообразования (СТВГ) – на 4 комплекта ТВГ.

Стойка оборудования линейного тракта (СОЛТ) – на 2 системы.

Стойка аналого – цифрового преобразования стандартной третичной группы частот 812 –

Необслуживаемый регенеративный пункт НРПГ-2, устанавливаемый в грунт, - на 2 системы.

## Аппаратура ИКМ-1920

1. Аппаратура ИКМ-1920 предназначена для организации каналов на внутризоновых и магистральных сетях при использовании кабеля КМ-4 с парами 2.6/9.5 *мм*. Линейный тракт организуется по однокабельной схеме.
2. Скорость передачи цифрового сигнала – 139264 *кбит/с*.
3. Максимальная дальность связи – 12500 *км*.
4. Цепи усиления регенераторов обеспечивают компенсацию затухания участка регенерации в пределах от 45 до 63 *дБ* (на частоте 69632 *кГц*).
5. Тип кода в линии – КВП-3 со скремблированием.
6. Структура цикла передачи представлена на рис. 2.3.

№ позиций

544

543

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Контр. и сигн.

Служеб. связь

 I II III IV I II III IV

Цикловой синхросигнал

I субцикл

№ позиций

544

543

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

 I II III IV I II III IV I II III IV I II III IV

 I II III IV

Первые символы КСС

II субцикл

№ позиций

544

543

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

 I II III IV I II III IV I II III IV I II III IV

 I II III IV

Вторые символы КСС

III субцикл

№ позиций

544

543

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

 I II III IV I II III IV

 I II III IV

 I II III IV

Дополнит. информация при отрицат. СС

 I II III IV

Третьи символы КСС

IV субцикл

*Tц*/4 = 15.625/4 *мкс*

Рис. 2.3. Структура цикла передачи ИКМ-1920.

Длительность цикла 15.625 *мкс*, он содержит 2176 импульсных позиций и условно разбит на 4 группы по 544 позиции в каждой.

1. Дистанционное питание НРП осуществляется по внутренним жилам коаксиальных пар постоянным током 400 *мА*. Максимальное напряжение дистанционного питания равно 1700 *В*. Длина секции дистанционного питания составляет примерно 240 *км*.
2. Служебная связь между оборудованием ЧВГ осуществляется по цифровому каналу, между промежуточными станциями – по высокочастотным и низкочастотным каналам служебной связи. Телеконтроль осуществляется без перерыва связи.
3. Комплектация оборудования:

Стойка четверичного временного группообразования (СЧВГ) – на 4 комплекта ЧВГ.

Стойка оборудования линейного тракта (СОЛТ) – на 2 системы.

Стойка дистанционного питания (СДП) – на 2 системы.

Стойка аналого-цифрового преобразования сигналов телевизионного вещания (САЦО-ТС) на один канал телевизионного вещания.

Необслуживаемый регенерационный пункт типа НРПГ-2, устанавливаемый в грунт – на 2 системы.

# Кабель типа МКСА 4х4х1,2.

 Междугородние симметричные кабели типа МКСА предназначены для использования на магистральных и внутризоновых первичных сетях и соединительных линиях ГТС, а также в цифровых системах передачи со скоростью 8448 кБит/с (тактовой частотой 8448 кГц), 34368 кБит/с (тактовой частотой 34368 кГц) или аналоговых системах передачи в диапазоне до 5 МГц, работающих при переменном напряжении дистанционного питания до 690 В или постоянном напряжении до 1000 В.

Переходное затухание на ближнем конце не менее: 59 дБ/с.д.

Переходное затухание на дальнем конце не менее: 68 дБ/с.д.

Волновое сопротивление: 164 Ом.

Сопротивление постоянному току: R0=15,85 Ом/км;



Рис. 2.4. Кабель МКСАШп-4х4х1,2

## Кабель типа ТП(Т)-0,7

Телефонные кабели с полиэтиленовой изоляцией в полиэтиленовой оболочке с экраном из алюминиевой ленты предназначены для эксплуатации в местных телефонных сетях: для прокладки в телефонной канализации, в коллекторах, по стенам зданий и подвески на воздушных линиях связи.

Жилы кабеля изготавливаются из мягкой медной проволоки диаметром 0,7 *мм*, изоляция жил – полиэтилен, сплошная, скрутка – парная или четвёрочная. Все пары в элементарном пучке имеют индивидуальную расцветку. Поясная изоляция - синтетическая лента, наложенная продольно или спирально. Экран - алюмополиэтиленовая лента, наложенная продольно или спирально. Оболочка - полиэтилен светостабилизированный.

Коэффициент затухания кабеля на частоте 1024 *кГЦ*α = 12,6 *дБ/км*

Сопротивление постоянному току R = 45 *Ом*

Волновое сопротивление zв = 120 *Ом*

|  |
| --- |
|  |



Рис. 2.5. Телефонный кабель - поперечный разрез.

1. Токонесущая жила

2. Изоляция

3. Поясная изоляция

4. Экран

5. Оболочка

##

## Кабель КМ-4 2.6/9.4 мм

Кабель магистральный коаксиальный. Предназначен для организаций мощных пучков каналов связи и передачи телевизионных программ на большие расстояния.

Километрическое сопротивление токопроводящих жил при температуре 20°С не более 7,1 Ом/км.

Переходное затухание на ближнем и дальнем концах строительной длины на частоте 300 кГц не менее 128 дБ.

Номинальное волновое сопротивление на частоте 69632 кГц — 74 Ом.

Сопротивление постоянному току: R0=7.1 Ом/км;



 1. Свинцовая оболочка

 2. Поясная изоляция

 3. Служебная четверка

4. Коаксиальная пара 2.58/9.92

 5. Подушка

 6. Бронепроволока

 7. Наружный покров (джут)

 8. Бронеленты

Рис. 2.6. Кабель магистральный коаксиальный КМ-4.

# Расчет длины участка регенерации.

Длина участка регенерации выбирается таким образом, чтобы с учётом всех видов помех и аппаратурных погрешностей вероятность ошибки для всего линейного тракта не превышала допустимой величины.

## Расчет местного участка сети

**Аппаратура:** ИКМ – 30

**Тип кабеля:** ТП(Т)-0,7

**Тактовая частота ИКМ-30:** 2048 кГц

 - полутактовая частота (Fт/2), МГц.

Расчет длины участка регенерации

После расчета длины участка регенерации можем построить схему местного участка сети (рис. 3.1.).



Рис. 3.1. Схема местного участка сети.

Чтобы убедиться, что длины участков регенерации рассчитаны правильно, вычислим напряжение на выходе блока дистанционного питания для большей секции.

где— ток дистанционного питания, А

 — километрическое сопротивление кабеля постоянному току, Ом/км

 — длина участка ДП (полусекции), км

 — падение напряжения на одном НРП, В

n — число НРП, питаемых от одного ОП или ОРП на участке ДП

 = 50 мА (параметр блока ДП для ИКМ-30)

 = 45 Ом/км (параметр кабеля ТП(Т)-0,7)

 = 60/2 = 30 км

Uнрп = 20 В (по индивидуальному заданию)

n = 18/2 = 9 НРП

В

Максимальное напряжение на выходе источника ДП: Uдп макс = 245 В

Так как напряжение на участке ДП больше максимально допустимого 247,5 > 245, то длины участков регенерации рассчитаны неверно, а значит необходимо установить один ОРП.

Схема местного участка сети с ОРП представлена на рисунке 3.2.



Рис. 3.2. Схема местного участка сети с ОРП.

Теперь, В

Так как напряжение на участке ДП меньше максимально допустимого 133,75 < 245, то длины участков регенерации рассчитаны верно.

**Расчет внутризонового участка**

**Аппаратура:** ИКМ – 480

**Тип кабеля:** МКСА 4х4x1,2

**Тактовая частота ИКМ-480:** 34368 кГц

 - полутактовая частота (Fт/2), МГц.

Расчет километрического затухания кабеля

Расчет длины участка регенерации

Длина секции дистанционного питания (ДП) ИКМ-480 составляет примерно 200 км. Поэтому поставим 2 ОРП через каждые 200 км. Расстояние от НРП до ОРП возьмем lрег/2 = = 4,43/2= 1,715 км.

После расчета длины участка регенерации можем построить схему внутризонового участка сети (рис. 3.2.).

Рис. 3.2. Схема внутризонового участка сети.

Чтобы убедиться, что длины участков регенерации рассчитаны правильно, вычислим напряжение на выходе блока дистанционного питания для большей секции.

где— ток дистанционного питания, А

 — километрическое сопротивление кабеля постоянному току, Ом/км

 — длина участка ДП (полусекции), км

 — падение напряжения на одном НРП, В

n — число НРП, питаемых от одного ОП или ОРП на участке ДП

 = 200 мА (параметр блока ДП для ИКМ-480)

 = 15,85 Ом/км (параметр кабеля МКСА 4х4х1,2)

 = 200,525/2 = 100,262 км

Uнрп = 20 В (по индивидуальному заданию)

n = 58/2 = 26 НРП

В

Максимальное напряжение на выходе источника ДП: Uдп макс = 1300 В

Так как напряжение на участке ДП меньше максимально допустимого 897,83 < 1300, то длины участков регенерации рассчитаны верно.

## Расчет магистрального участка сети

**Аппаратура:** ИКМ – 1920

**Тип кабеля:** КМ-4

**Тактовая частота ИКМ-1920:** 139264 кГц

 - полутактовая частота (Fт/2), МГц.

Расчет километрического затухания кабеля:

 – затухание кабеля на частоте 69,632 МГц

Расчет длины участка регенерации.

Т.к. длина секции ДП составляет примерно 240 км для аппаратуры ИКМ-1920, то поставим ОРП после 114 НРП. Между ОРП и НРП возьмем укороченный участок .

После расчета длины участка регенерации можем построить схему магистрального участка сети (рис. 3.3.).



Рис. 3.3. Схема магистрального участка сети.

Чтобы убедиться, что длины участков регенерации рассчитаны правильно, вычислим напряжение на выходе блока дистанционного питания для большей секции.

где— ток дистанционного питания, А

 — километрическое сопротивление кабеля постоянному току, Ом/км

 — длина участка ДП (полусекции), км

 — падение напряжения на одном НРП, В

n — число НРП, питаемых от одного ОП или ОРП на участке ДП

 = 0,4 А (параметр блока ДП для ИКМ-1920)

 = 7,1 Ом/км (параметр кабеля КМ-4)

 = 376,65/2 = 188,325 км

Uнрп = 20 В (по индивидуальному заданию)

n = 117/2 = 57 НРП

В

Максимальное напряжение на выходе источника ДП: Uдп макс = 1700 В

Так как напряжение на участке ДП меньше максимально допустимого 1674,8 < 1700, то длины участков регенерации рассчитаны верно.

# Расчет защищенности сигнала от шумов в линейном тракте.

## Расчет допустимой защищенности сигнала на входе регенератора.

Качество цифрового линейного тракта характеризуется вероятностью ошибки Pош. Ошибки возникают в регенераторах под влиянием помех (тепловых, взаимных влияний).

Результаты расчёта для квазитроичного кода с чередованием полярности импульсов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pош1 | 10-4 | 10-5 | 10-6 | 10-7 | 10-8 | 10-9 | 10-10 | 10-11 | 10-12 | 10-13 | 10-14 |
| Аз треб, дБ | 17.7 | 18.8 | 19.7 | 20.5 | 21.1 | 21.7 | 22.2 | 22.6 | 23.0 | 23.4 | 23.7 |

Pош1 — вероятность ошибки на 1 регенерационный пункт

Pош1=Pош.м/N;

Вероятность ошибки на магистрали Pош.м = 10-6 (по индивидуальному заданию)

n — сумма всех НРП, ОРП, ОП2 на магистрали, не включая ОП1.

Вероятность ошибки в каждом регенераторе  для всех участков сети:

Местный участок: Pош1=10-6/20 = 5\*10-8;

Внутризоновый участок: Pош1=10-6/(177) = 5,65\*10-9;

Магистральный участок: Pош1=10-6/(229) = 4,367\*10-9;



Рис. 4.1. Зависимость помехозащищённости от вероятности ошибки на 1 регенераторе.

Из графика зависимости Аз(Рош) можно определить требуемую защищенность от шумов для различных участков сети.

Местный участок: Аз.треб = 20,83 дБ;

Внутризоновый участок: Аз.треб = 21,39 дБ;

Магистральный участок: Аз.треб = 21,47 дБ;

 Далее необходимо рассчитать величину реальной защищенности.

##  Расчет реальной защищенности сигнала на входе регенератора.

В общем случае реальная (ожидаемая) помехозащищённость сигнала на входе регенератора определяется соотношением:

 где Pс — мощность сигнала в точке анализа.

Pсп — мощность собственных помех в той же точке (тепловой шум).

Pплп — мощность помех линейных переходов в той же точке.

Pп.рег — мощность помех регенератора.

Приведенное соотношение можно записать в виде

где Аз.лп — ожидаемая помехозащищённость от линейных переходов.

ηр — коэффициент, учитывающий неидеальность устройств регенератора.

ηрег = 0,04 для всех систем (по индивидуальному заданию)

ηс — относительная величина собственных помех (определяется как: ηс2 = Рсп/Рс).



где k = 1.38·10-23 Дж/К — постоянная Больцмана

T = 291 K — абсолютная максимальная температура проводников.

ΔF ≈ *fтакт*, Гц - полоса частот, в которой определяется тепловая помеха.

pпер = (10 ÷ 25) дБ — уровень передачи сигнала. В данном проекте для всех систем использовалось значение pпер = 10 дБ

α — километрическое затухание кабеля на расчётной частоте, дБ/км

ауч = Аном = α\*lном;

Защищенность от шумов линейных переходов Аз.лп при уплотнении симметричного кабеля, зависит от схемы организации двухсторонней связи.

При двухкабельной системе защищенность от шумов линейных переходов определяется величиной защищенности Аз на дальнем конце

Aзлп = A1- α lс.д.

A1 — переходное затухание на дальнем конце, дБ/с.д.

lс.д. — строительная длина кабеля. Для всех кабелей lс.д. = 825 м

 Т.к. переходные затухания на дальнем конце зависят от длины кабеля (длины участка регенерации), то защищенность от линейных переходов для любого участка регенерации определяется из следующего соотношения:

Для коаксиальных кабелей помеху от линейных переходов не учитываю, т.к. они благодаря своей конструкции достаточно хорошо защищены от внешних помех, особенно в высокочастотной части спектра. Принято считать, что в таких кабелях Аз.лин.пер = ∞ - за счет эффекта экранирования. Линейные переходы возникают под действием э/м поля. Поэтому защищенность сигнала при использовании коаксиальных кабелей определяется из выражения:

**Выполнение расчетов.**

**Местный участок:**

Исходные данные и характеристики кабеля, необходимые для выполнения расчетов:

A1сд = 60 дБ/с.д. - защищенность на строительную длину для кабеля ТП(Т)-0,7;

lрег = 3,2 км – длина участка регенерации;

α = 12,6 дБ/км – километрическое затухание кабеля;

lсд = 0,825 км - строительная длина;

рпер = 10 дБ – уровень передачи сигнала;

ауч =36 дБ – номинальное затухание участка регенерации;

ΔF = fт = 2,048\*106  Гц – тактовая частота;

К= - постоянная Больцмана

Т=291 К – температура среды при самых неблагоприятных условиях, в которой проложен кабель (в нашем случае грунт);

Вычислим ожидаемую помехозащищенность от линейных переходов:

Вычислим относительную величину собственных помех:

Вычислим реальную защищенность сигнала на входе регенератора:

Аз. треб = 20,83 дБ;

**Вывод:** Аз. реал ˃ Аз. треб, следовательно, регенерационные пункты размещены правильно.

**Внутризоновый участок:**

Используется коаксиальный кабель (МКСА 4х4х1,2 – малогабаритный коаксиальный), следовательно, шумы линейных переходов не будут учитываться (высокая защищенность).

Исходные данные и характеристики кабеля, необходимые для выполнения расчетов:

рпер=10 дБ – уровень передачи сигнала;

fт = 34,368\*106  Гц = 34,368 МГц – тактовая частота;

F = 8 – коэффициент шума корректирующего усилителя;

ауч = Ац = 73дБ – номинальное затухание участка регенерации;

Аз.треб = 21,39 дБ;

**Вывод:** Аз.реал ˃ Аз.треб, следовательно, регенерационные пункты размещены правильно.

**Магистральный участок:**

Используется коаксиальный кабель (КМ-4), следовательно, шумы линейных переходов не будут учитываться (высокая защищенность).

Исходные данные и характеристики кабеля, необходимые для выполнения расчетов:

рпер = 10 дБ – уровень передачи сигнала;

fт = 139,264 \* 106  Гц = 139,264 МГц – тактовая частота;

F = 8 – коэффициент шума корректирующего усилителя;

ауч = Ац = 63дБ – номинальное затухание участка регенерации;

Аз.треб = 21,47 дБ;

**Вывод:** Аз.реал ˃ Аз.треб, следовательно, регенерационные пункты размещены правильно.

# Расчет шумов оконечного оборудования.

К шумам относятся: шумы дискретизации, шумы квантования, шумы незанятого канала, инструментальные шумы.

## Шумы дискретизации

Практически во всех ЦСП используется равномерная дискретизация сигналов во времени, то есть дискретизация с постоянным периодом Tд, а отклонения от этого периода Δti носят случайный характер (эти отклонения и есть шум дискретизации).

Величины Δti определяются главным образом низкочастотными фазовым флуктуациями импульсов, вызванными неточностью работы линейных регенераторов станций передачи.

Обозначим эти отклонения как:

αд - величина отклонения, вызванного нестабильностью задающих регенераторов,

βд - величина отклонения, вызванного фазовыми флуктуациями.

Считая, что между ними отсутствует статистическая связь, можно показать, что мощность шумов дискретизации на переприемном участке не будет превышать

Uc – эффективное напряжение сигнала. Так как ωд = 2π/Тд ,то введя относительное отклонение периода ад = αд/Тди bд = βд/Тд, можно записать формулу для мощности шумов дискретизации:

В этом случае защищенность сигнала от шумов дискретизации запишется так:

Исходя из требований к величине защищенности от шумов дискретизации, можно определить допустимые относительные величины смещений моментов дискретизации ад и bд, определяющих фазовые дрожания отсчетов сигнала на выходе канала.

ад = αд/Тд;

bд = βд/Тд;

Tд = 125 мкс – период дискретизации для канала ТЧ (частота дискретизации 8кГц);

Азд ≥ 65 дБ – требуемая помехозащищенность

Пусть ад = bд (αд =βд), тогда, отсюда:

αд = βд = ад  Тд = 1,266 10-4  125 10-6 = 1,582 10-8 = 15,825 нс - допустимые величины отклонения периода дискретизации от номинальных значений;

 В канале ТЧ с периодом дискретизации TД=125 мкс, предельная величина отклонения не должна превышать 810 нс. Это соответствует минимально допустимой защищенности от шумов дискретизации в канале ТЧ равной 34дБ (требование МСЭ-Т).

**Вывод:** Полученная величина отклонения от номинального значения периода дискретизации меньше предельно допустимой 15,825(нс)<810(нс), значит, неточность работы линейных регенераторов и нестабильность задающих генераторов находятся в допустимых пределах.

## Шумы квантования

## Равномерное квантование

При равномерном квантовании, расстояние между уровня квантования одинаково. При квантовании сигнала возникают ошибки, величина которых случайна, имеет равномерное распределение и не превышает значения половины шага квантования (шаг квантования – это расстояние между ближайшими уровнями квантования). Таким образом, сигнал после квантования представляет собой сумму исходного сигнала и сигнала ошибки, который воспринимается как флуктуационный шум.

При равном квантовании помехозащищенность от шумов квантования растет прямо пропорционально увеличению уровня сигнала до значения pmax. Дальнейшее увеличение сигнала приведет к появлению ошибки из-за ограничения сигнала по амплитуде, и помехозащищенность от шумов квантования начнет снижаться из-за помех ограничения.

Для определения помехозащищенности от шумов квантования нужно сначала определить динамический диапазон, максимальный и минимальный уровень сигнала.

Исходные данные, необходимые для расчета:

у0 = -11 дБ – среднее значение волюма сигнала;

Qпик = 14,8 дБ – пик-фактор сигнала;

σу = 4,3 дБ – среднеквадратическое отклонение волюма сигнала;

Аз кв. мин = 28 дБ – минимальное допустимое значение от шумов квантования;

Определение динамического диапазона.

Максимальный и минимальный уровни сигнала определяются по следующим формулам:

Динамический диапазон определяется по формуле:

Определение максимальной защищенности от шумов квантования:

Определим необходимое число разрядов в двоичном коде при равномерном квантовании:

 - число шагов, необходимых дл обеспечения минимальной помехозащищенности от шумов

Число шагов для равномерного квантования.

Nкв = 2m=211 = 2048

Построим график зависимости величины защищенности от шумов квантования от относительной величины Х – Аз.кв.(Х), где



Рис. 5.1. График зависимости защищенности от шумов квантования от уровня входного сигнала при равномерном квантовании.

Равномерное квантование даёт большую разрядность кода, следовательно, требуется повышенное быстродействие многоразрядных кодирующих устройств и расширение полосы частот канала передач. Следовательно, равномерное квантование нецелесообразно применять из-за неоправданного увеличения тактовой частоты и усложнения оборудования. Перейдем к неравномерному квантованию.

## Неравномерное квантование

Для реализации неравномерного квантования используют сжатие динамического диапазона с помощью компрессора. Динамический диапазон сжимается, после чего сигнал квантуется почти равномерно, а на приемной стороне производится расширение динамического диапазона. Это достигается за счёт квазилогарифмических законов компрессирования μ=255 или A = 87,6/13. В данном проекте используется закон A характеристики, соответствующий ЦСП европейской иерархии, при котором 87.6 – коэффициент сжатия динамического диапазона, 13 – кол-во фактических диапазонов.

Всего 16 сегментов, по 8 сегментов для каждой из полярностей. Каждый из них поделён на 16 одинаковых шагов с равномерным квантованием. Два первых сегмента для каждой из полярностей (всего четыре) образуют одну прямую линию и рассматриваются иногда как один сегмент. Вследствие этого сегментную аппроксимацию характеристики с законом А называют 13-сегментной аппроксимацией. В нулевом и первом сегменте шаг минимален, а в каждом последующем величина шага удваивается.

Характеристика компрессирования – зависимость у от х, где

у=Uвых/Uогр, х=Uвх/Uогр

Квазилогарифмическая характеристика типа А=87.6/13 описывается выражением:



Рис. 5.2. Характеристика компрессирования типа А.

Для построения характеристики защищенности Аз.нерав.кв.(Х) – пилообразной характеристики, необходимо определить верхнюю и нижнюю границу для каждого сегмента.

Верхняя граница верхнего сегмента соответствует максимальному напряжению сигнала – напряжению ограничения Uогр. Отсюда минимальный шаг квантования равен:

δ0= Uогр2-11, а шаг квантования в сегментах со второго по седьмой δi= Uогр2i-1, где i – номер сегмента.

Введем переменную х=Uвх/Uогр. Тогда выражение для защищенности от шумов квантования в двух первых сегментах (дБ) будет иметь вид:

 (1)

Для сегментов 2-7:

 (2)

Учитывая, что 0<X<1, найдем Хн и Хв – соответствующие нижней и верхней границам каждого сегмента. Подставляя значения Хнi и Хвi (из таблицы 1) в формулы (1) и (2), в зависимости от номера сегмента, можно оценить минимальные и максимальные значения защищенности для начала и конца соответствующего сегмента.

Таблица 5.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № сегмента | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |

По полученным значениям границ каждого сегмента, построим зависимость помехозащищенности от величины Х.



Рис. 5.3. График зависимости помехозащищенности от величины Х (Аз.неравн.кв.(Х)).

**Вывод**: неравномерное квантование эффективнее, так как для обеспечения требуемой помехозащищенности, можно использовать код меньшей разрядности: m=8.

## Шумы незанятого канала

 При отсутствии входных сигналов на выходе кодера действуют слабые помехи, к которым относятся, например, собственные шумы и переходные помехи. Данные факторы приводят к изменению неправильному решению кодера и изменению кодовой комбинации. Возникающие при этом шумы – шумы незанятого канала. Данные шумы хорошо заметны для абонента, потому что в момент отсутствия сигнала в канале не происходит маскировки данных шумов.

Защищенность от шумов незанятого канала должна быть не меньше:

Где М=Q+3σ, Q – пик-фактор сигнала, δ0 – минимальный шаг квантования при равномерном и неравномерном квантовании.

Выполнение расчета.

1. **При равномерном квантовании.**

Nкв = 2m=211 = 2048 – количество шагов квантования

 – минимальный шаг квантования

Рассчитаем защищенность от шумов незанятого канала

 *=*

1. **При неравномерном квантовании.**

δ0= Uогр2-11 – минимальный шаг квантования

 =

**Вывод:** из результатов расчета видно, что защищенность от шумов незанятого канала при неравномерном квантовании значительно выше, чем при равномерном (48,152 дБ > 42,13 дБ). Это еще раз подтверждает преимущество выбора неравномерного квантования.

## Инструментальные шумы

В процессе преобразования аналогового сигнала в цифровой в оконечном оборудовании имеют место шумы, обусловленные неидеальностью характеристик преобразователя (характеристики ухудшаются при старении оборудования, при изменении температуры, при неточных отдельных элементов оборудования). Уровень инструментальных шумов возрастает при увеличении скорости передачи и разрядности кода.

 Соотношение между шумами квантования и инструментальными шумами:

Где ε – среднеквадратичное значение приведенной инструментальной погрешности преобразования, а m – разрядность кода.

ε = 9∙10-4 – по индивидуальному заданию.

1. Для равномерного квантования при m=11.
2. Для неравномерного квантования при m=8.

**Вывод:** при равномерном квантовании мощность инструментальных шумов в несколько раз больше, чем при неравномерном квантовании. Величина инструментальных шумов при неравномерном квантовании получилась близкой к величине инструментальных шумов в реальных системах.

# Расчет показателей качества связи.

**Нормирование качества передачи информации по ОЦК в соответствии с рекомендацией МСЭ-Т G.821.**

 В соответствии с рекомендацией МСЭ-Т G. 821 для ОЦК на международных соединениях вводятся следующие требования к параметрам качества:

А – при оценке в одноминутных интервалах не менее, чем в 90% измерений должно

 быть не более 4-х ошибок.

Б – при оценке в односекундных интервалах не менее, чем в 99,8% измерений

 должно быть не более 64-х ошибок.

В – при оценке в односекундных интервалах не менее, чем в 92% измерений

 ошибки должны отсутствовать.

Рекомендуемоеобщее время оценки состояния канала – один месяц.

Исходя из этих норм, можно рассчитать требования к параметрам качества (А, Б и В) на отдельных участках номинальной цепи ОЦК ВВС по формуле:



Где Кк – допустимое значение соответствующего параметра качества, указанного в рекомендации G. 821, %

- часть общих норм на параметры качества, отведённая на данный участок номинальной цепи ОЦК ВСС, %, ( для магистрального участка  = 20 %, для внутризонового участка  = 15 %, для местного  = 7,5 %)

Результаты расчётов приведены в таблице 7.1.

 Таблица 7.1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование цепи | **К’а, %** | **К’б, %** | **К’в, %** |
| Участок магистральной сети (12500 км) | 98 | 99,96 | 98 |
| Участок внутризоновой сети (600 км) | 98,5 | 99,97 | 98 |
| Участок местной сети (100 км) | 99,25 | 99,985 | 99 |

Расчёт значений параметров качества для конкретной линии протяжённостью L км производится по формуле:

Кк’’ = 100 – (100 – К’к)\*L/Lуч , где:

Lуч – номинальная протяжённость соответствующего участка сети.

**Местный участок:**

Lм=60 км

Ка’’ = 100 – (100 – 99.25) \* 60/100 = 99,55%

Кб’’ = 100 – (100 – 99.985) \* 60/100 = 99,99%

Кв’’ = 100 – (100 – 99) \* 60/100 = 99,4%

**Внутризоновый участок:**

Lвз = 600 км

Ка’’ = 100 – (100 – 98,5) \* 600/600 = 99,5%

Кб’’ = 100 – (100 – 99,97) \* 600/600 = 99,97%

Кв’’ = 100 – (100 – 98) \* 600/600 = 98%

**Магистральный участок:**

Lмаг = 750 км

Ка’’ = 100 – (100 – 98) \* 750/12500 = 99,88%

Кб’’ = 100 – (100 – 99,96) \* 750/12500 = 99,997%

Кв’’ = 100 – (100 – 98) \* 750/12500 = 99,88%

В международном соединении могут участвовать только те каналы, в которых выполняются требования к параметрам качества.

# Комплектация необходимого оборудования.

## Местный участок (ИКМ-30)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Кол-во | Состав | На одну станцию | Всего |
| ОП | 2 | САЦОСОЛТАЦО(ИКМ-30) | 111 | 222 |
| ОРП | 1 | СОЛТСДП | 11 | 11 |
| НРП | 18 | НРПГ-12 | 1 | 18 |

САЦО – стойка аналого-цифрового преобразования

СОЛТ – стойка оборудования линейного тракта

СДП – стойка дистанционного питания

АЦО – оборудование аналого-цифрового преобразования

НРПГ – необслуживаемые регенерационные пункты для установки в грунт (Г)

## Внутризоновый участок (ИКМ-480).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Кол-во | Состав | На одну станцию | Всего |
| ОП | 2 | СОЛТДПСТВГСАЦО-ЧРК-3 | 1111 | 2222 |
| ОРП | 2 | СОЛТСДП | 11 | 22 |
| НРП | 174 | НРПГ-2 | 1 | 174 |

ДП – ячейка дистанционного питания. Содержится в блоке окончания линейного тракта, обеспечивающего регенерацию цифрового сигнала

СТВГ – стойки третичного временного группообразования

САЦО-ЧРК-3 – стойка аналого-цифрового преобразования стандартной третичной группы частот 812-2044 кГц

НРПГ-2 – необслуживаемый регенерационный пункт, устанавливаемый в грунт

## Магистральный участок (ИКМ-1920).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Кол-во | Состав | На одну станцию | Всего |
| ОП | 2 | СОЛТДПСЧВГСАЦО-ТС | 1111 | 2222 |
| ОРП | 1 | СОЛТСДП | 11 | 11 |
| НРП | 227 | НРПГ-2 | 1 | 227 |

САЦО-ТС – стойки аналого-цифрового преобразования сигналов телевизионного вещания

СЧВГ – стойка четверичного временного группообразования

# Список литературы.

1.Азбукина О.Г., Калабекьянц Н.Э. «Проектирование цифровых систем передачи» ,—М.: МТУСИ 2007 г.

2.Иванов В.И., Гордиенко В.Н. «Цифровые и аналоговые системы передачи». —М.: Горячая линия 2005

3.Левин Л.С., Плоткин М.А. «Цифровые системы передачи информации» —М.: Радио и связь, 1984

4.Н.Н. Баева. «Многоканальная связь и РРЛ». —М.: Радио и связь, 1988

5.Бернштейн А.Г. «Проектирование линейных трактов цифровых систем передачи», методическая разработка по курсовому и дипломному проектированию. —М 1984

6.Евсеенко Г.Н. «Цифровые системы передачи», учебное пособие —Ростов на Дону.: РКСИ 2005

7.Гордиенко В.Н., Крухмалёв В.И. «Основы построения телекоммуникационных систем и сетей». —М.: Горячая линия

8. Официальный интернет-ресурс Международного Союза Электросвязи: <http://www.itu.int/ru/ITU-T/climatechange/Pages/standards.aspx>