АКАДЕМИЯ

##### кафедра №12

###### Курсовой проект

###### по дисциплине «Многоканальные системы передач»

на тему:

**«**Разработка эскизного проекта цифровой системы передач»

Орел 2003

**Содержание**

1. Исходные данные

2. Введение

3. РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОДЕКОВ

3.1. Выбор частоты дискретизации

3.2. Расчет защищенности от шумов квантования и определение количества разрядов в кодовом слове

3.3. Расчет защищенности от шумов дискретизации

4. ФОРМИРОВАНИЕ ЦИКЛА ПЕРЕДАЧИ

4.1. Выбор метода временного группообразования.

4.2. Выбор метода согласования скоростей объединяемых цифровых потоков

4.3. Расчет основных параметров цикла передачи ЦСП и разработка структуры временных циклов

5. расчет параметров системы цикловой синхронизации

6.Построение глазковой диаграммы на выходе корректирующего усилителя, расчет запаса помехозащищенности регенератора

7.Построение сигнала на выходе регенератора для заданной кодовой последовательности символов для заданных линейных кодов.

8.Обоснование выбора кабеля и расчет максимальных длин участков регенерации.

9.Разработка и обоснование структуры линейного тракта.

Заключение

Список используемой литературы

## 1. **Исходные данные**

1. Протяженность линии передачи: **400 км**.
2. Количество каналов ТЧ: **240**.
3. Тип кодека речевого сигнала: **ИКМ**
4. Защищенность гармонического сигнала от искажений квантования на выходе канала: **19 дБ**.
5. Допустимая вероятность ошибки на один километр линейного тракта: **3∙10-10**.
6. Коэффициент шума корректирующего усилителя: **4**
7. Количество переприемов по ТЧ: **2**
8. Среднее время восстановления циклового синхронизма (не более): **4,0 мс**.
9. Тип кабеля: **МКТ - 1.2/4.6**
10. Линейный код: **ЧПИ**.
11. Амплитуда импульса на выходе регенератора: **4 В**.
12. Структура сигнала в двоичном коде: **1110000010000101**
13. Погрешность устранения АЧИ: **7%**.
14. Погрешность работы АРУ: **6%**.
15. Нестабильность питающего напряжения РУ: **4%**.
16. Величина фазовых дрожаний: **5%**.

2. **Введение**

Электросвязь является одной из самых динамичных отраслей экономики. Это вызвано постоянно растущими потребностями пользователей в средствах доставки различной информации. С развитием техники цифровой передачи, а также с внедрением цифровых систем коммутации появилась возможность заменить множество специализированных сетей цифровыми сетями с интеграцией обслуживания (ЦСИО) (ISDN- Integrated Service Digital Network), которые по сравнению с существующими специализированными сетями обладают более высокой технико-экономической эффективностью и универсальностью использования. Материальной основой ЦСИО станут цифровые системы связи и соответствующие им цифровые первичные сети связи, базирующиеся на цифровых многоканальных системах передачи и коммутации.

Анализ развития систем передачи информации и знакомство с основными достоинствами ЦСП позволяет сделать вывод о том, что ЦСП начинают занимать ведущее место в системах связи различного назначения, а вскоре будут доминировать во всех сетях связи. Поэтому знание принципов построения систем, их структуры, параметров, основ проектирования необходимо для любого инженера связи.

3. РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОДЕКОВ

**3.1. Выбор частоты дискретизации**

Выбор частоты дискретизации FД осуществляется на основе теоремы Котельникова. При дискретизации телефонных сигналов спектр АИМ сигнала имеет составляющие с частотами исходного модулирующего сигнала FН..FВ и составляющие боковых полос при частоте дискретизации FД±( FН..FВ). Поскольку для телефонного сигнала FВ=3.4 кГц, то по теореме Котельникова FД≥2FВ≥6..8 кГц. На практике выбирают FД=8 кГц, что упрощает требования к ФНЧ приема.

**3.2. Расчет защищенности от шумов квантования и определение количества разрядов в кодовом слове**

Количество разрядов в кодовом слове m зависит от величины защищенности от искажений квантования на выходе канала ТЧ АКВ и количества переприемов по ТЧ n, а также от выбранного вида квантования. В процессе квантования возникают ошибки, называемые ошибками квантования, вызванные различиями в амплитуде отсчета сигнала и ближайшего уровня, что приводит к искажениям. Защищенность от ошибок квантования при линейном квантовании речевого сигнала определяется по формуле:

АКВ=6m – 20lgk + 4,8;

где к – пик-фактор речевого сигнала (обычно принимается к=5).

Для определения АКВ при заданном динамическом диапазоне D телефонного сигнала и количестве переприемов по ТЧ n, а также с учетом аппаратурных погрешностей, которые обычно составляют 4..5 дБ, существует формула:

АКВ=6m - D - 10lg(n+1) – (4..5) + 4,8;

Тогда, для выполнения заданной защищенности от искажений квантования АКВ при равномерном квантовании потребуется m разрядов в кодовом слове:



где Ц обозначает округление до ближайшего целого числа в большую сторону.

Определим m для конкретных значений АКВ=19 дБ, к=5, D=40 дБ, n=2.



Как видно при равномерном квантовании для получения требуемой защищенности от искажений квантования кодирование должно производиться достаточно большим числом разрядов кодового слова. При выбранном значении частоты дискретизации FД=8 кГц полоса частот канала ТЧ в ЦСП будет расширяться на величину 8 кГц на один разряд кодового слова, что приведет к значительному снижению пропускной способности.

Поэтому для уменьшения числа разрядов кодового слова и повышения пропускной способности применим неравномерное квантование.

В итоге, с учетом снижения защищенности за счет скачкообразного изменения шага квантования на 2 дБ, и с учетом аппаратурных погрешностей 4..5 дБ, минимальная величина защищенности от искажений квантования Акв мах при неравномерном квантовании, с учетом переприемов по ТЧ, составит величину:

 дБ

Следовательно, для определения числа разрядов в кодовом слове при неравномерном квантовании:



Подставив в формулу 1.5 те же значения, что и для случая равномерного квантования получим:



Рассчитаем и построим зависимость защищенности от искажений квантования на выходе канала от уровня сигнала. Для этого определим минимальную защищенность сигнала в пункте приема в диапазоне уровней от -36до 0 дБ

 дБ



Максимальная величина защищенности в том же диапазоне будет примерно на 6 дБ больше минимальной:

 дБ



Наносим на график горизонтальные прямые, соответсвующие найденым Аквmin и Аквмах. Защищенность при p=-36 дБ примерно на 2 дБ выше Акв min, тогда

 дБ



Значения защищенности от искажений квантования в диапазоне уровней от 0 до -36 дБ лежат между прямыми Аквmin и Аквmaх, а в диапазоне от -36 до минус бесконечности квантование является равномерным и поэтому Акв убывает на 1 дБ при уменьшении уровня сигнала на такую же величину. Диапазон изменения сигнала, в котором защищенность остается не ниже заданной, находим непосредственно по диаграмме (рис. 1).



Рис. 1. Зависимость защищенности от шумов квантования от уровня входного сигнала.

При Акв=19 дБ динамический диапазон составляет 4 дБ, что соответствует принятому для телефонного сигнала

**3.3 Расчет защищенности от шумов дискретизации**

Защищенность сигнала от шумов дискретизации определяется выражением: 

где  

Минимально допустимая величина защищенности от шумов дискретизации 

Учитывая число переприемов n=1:

 

Получим:;

Определим: ; 

Допустимая относительная величина отклонения отсчета из-за НЧ фазовых дрожаний:

; 

Относительная величина фазового дрожания 

Полученные данные соответствуют норме.

**4. ФОРМИРОВАНИЕ ЦИКЛА ПЕРЕДАЧИ**

При формировании цикла передачи необходимо:

1) выбрать метод временного группообразования;

2) выбрать метод согласования скоростей объединяемых цифровых потоков;

3) рассчитать основные параметры цикла передачи ЦСП с временным группообразованием и разработать структуру временных циклов.

**4.1. Выбор метода временного группообразования**

При формировании группового цифрового сигнала из нескольких цифровых сигналов могут использоваться посимвольнный (поразрядный) и поканальный (погрупповой) способы объединения.

Наибольшее распространение получили системы передачи информации посимвольного объединения цифровых потоков. При этом символы цифровых сигналов объединяемых систем следуют друг за другом.

**4.2. Выбор метода согласования скоростей объединяемых цифровых потоков**

Следует отметить, что в реальных условиях из-за нестабильности частоты  тактовых генераторов аппаратуры, формирующей индивидуальные потоки, соотношение частот записи и считывания изменяется в небольших пределах, для которых можно записать





где  − номинальные значения частот записи и считывания;

  − относительные нестабильности частот записи и считывания (для ИКМ −120 ).

Это значит, что при объединении четырех цифровых потоков от ИКМ -30 в ИКМ -120 должны выполняться следующие неравенства:



**4.3. Расчет основных параметров цикла передачи ЦСП и разработка структуры временных циклов**

Временной спектр (цикл передачи) вторичной ЦСП с ИКМ (поскольку необходимо обеспечить передачу 120 каналов ТЧ) является типичным для всех ЦСП с ИКМ высших ступеней плезиохронной иерархии. Цикл передачи имеет длительность 125 мкс (рис. 3) и состоит из 1056 позиций. Цикл разделен на 4 субцикла, одинаковых по длительности. Первые 8 позиций первого субцикла заняты комбинацией 10111000, представляющей собой цикловой синхросигнал объединенного потока. Остальные 256 позиций первого субцикла (с 9-й по 264-ю включительно) заняты информацией посимвольно объединенных исходных потоков, номера которых отмечены на рисунке под номерами позиций. Первые 4 позиции второго субцикла заняты первыми символами канала согласования скоростей (КСС) объединяемых потоков, а следующие 4 – сигналами служебной связи (ССС). Вторые и третьи символы КСС (команда положительного согласования имеет вид 111, а отрицательного – 000) занимают первые 4 позиции субциклов 3 и 4. Позиции 5 – 8 субцикла 3 используются для передачи сигналов дискретной информации (две позиции), аварийных сигналов (одна позиция) и вызова по каналу служебной связи (одна позиция). Наконец, в субцикле 4 на позициях 5 – 8 передается информация объединяемых потоков при отрицательном согласовании скоростей. При положительном согласовании исключаются позиции 9–12 субцикла 4. Поскольку операция согласования скоростей осуществляется не чаще, чем через 78 циклов, позиции 5-8 субцикла 4, предназначенные для передачи информации при отрицательном согласовании, большую часть времени свободны и используются для передачи информации о промежуточных значениях и о характере изменения τно. Таким образом, из общего числа позиций, равного 1056, информационными являются 1024±4 позиции.

 1..8 9..264

1..4 5..8 9..264

1..4 5..8 9..264

1..4 5..8 9..264

Синхросигнал

10111000

ДИ

ССС

Контроль отрицательного согласования скоростей

Символы команд согласования скоростей

I

IV

III

II

T = 125 мкс (1056 символов)

Рис. 3. Структура цикла передачи ИКМ-120.

Теоретически Рис. 3 обоснуется следующим образом.

Соотношение числа информационных и служебных символов в цикле в расчете на каждый входной поток составляет:

 , где *fпот –* частота объединяемого потока, *fгр пот.*- частота группового потока.

Ми и служебных Мс символов в цикле будет определяться соотношениями Ми *= i⋅ N*и *⋅ ,* Мc*= i⋅ N*c*⋅ ,* где *i =* 1, 2, 3, ...n.

 *N*и, *N*c – минимальное число СС и ИС, которые находятся из соотношения:

 , где Nпот - число объединяемых цифровых потоков

Общее число импульсных позиций в цикле передачи:

 

Минимальное значение  определяется как:

 

Рассчитав частоту следования циклов *f*ц = *С*вп / *М* = 8448 / 924 = 9,14кГц и частота следования групп *f*гр *=С*вп */* [ *N*с (*a*1*+ b*1)] *=* 8448 / 132 = 64 кГц видно, что время поиска синхросигнала значительно превосходит требуемое (1 мс), поэтому необходимо увеличить число символов в синхросигнале до 8, т. е. принять *d*цс = 8. Тогда пересчитав, получаем *i*=8. Тогда:



Тактовая частота группового сигнала будет определяться выражением



где fВП- тактовая частота системы высшего порядка;

 Р- число дополнительных позиций в цикле.

 Q- число информационных символов в цикле.



## **5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЦИКЛОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ**

Для обеспечения синхронизма между передающей и приемной станциями ЦСП используют систему цикловой синхронизации. Она осуществляется по специальному синхросигналу, который устанавливает такое фазовое соответствие между приемным и передающим распределителем, при котором циклы приема и передачи совпадают по времени. Одной из основных характеристик системы цикловой синхронизации является время восстановления.

Среднее время его восстановления определяется выражением

 где tн.вых – время накопления по выходу из синхронизма, tн.вх – время накопления по входу в синхронизм;

tп – среднее время поиска синхросигнала;

Рассчитаем необходимые значения временных интервалов.

Оценить среднее время поиска синхросигнала можно следующим образом: 

где k – количество информационных позиций, заключенных между двумя соседними синхрословами

mС – количество символов в синхрослове

ТЦ – период цикла.

Из принципа действия приемника синхросигнала и учета коэффициентов накопления по выходу и входу в синхронизм (rВЫХ ≥ 4, rВЫХ ≤ 2)следует, что:





Тогда: 

Но так, как в ИКМ-120 используется адаптивный приемник СС, то продолжим расчет по следующему выражению:



Для нашего случая



Таким образом TВ = 885 мкс, что удовлетворяет заданию (TВ<2 мс).

**6.Построение глазковой диаграммы на выходе корректирующего усилителя, расчет запаса помехозащищенности регенератора**

При распространении по кабелю импульсный сигнал претерпевает линейные искажения. Из-за этих искажений увеличивается длительность импульсов, поэтому на каждый символ сигнала в линии, поступающего на вход регенератора, воздействуют соседние символы цифрового сигнала. Такое влияние может привести к ошибкам регенерации цифрового сигнала.

Для оценки качества коррекции цифрового сигнала и возможности его достоверной регенерации как на этапе проектирования, так и в процессе производства и эксплуатации, оказывается удобным использование глаз-диаграмм, представляющих картину наложения всевозможных реализаций скорректированного цифрового сигнала в течении одного или нескольких тактовых интервалов.

Рассмотрим положительную область амплитуд, поскольку отрицательная симметрична ей относительно оси времени, и для определения помехозащищенности строить ее нет необходимости. При построении учитываются следующие факторы. Погрешность работы АРУ влияет на амплитуду формируемых откликов. Разница между АЧХ тракта «кабель+корректор» и номинальным его значением искажает форму импульса, вытягивая их по длительности, при этом считается, что амплитуда импульсов остается постоянной ввиду компенсационного действия АРУ. Нестабильность питающего напряжения вызывает отклонение порога срабатывания от номинального. В следствии фазовых дрожаний хронирующего сигнала возникают отклонения момента опознавания кодовых символов от момента максимума отношения сигнал-помеха в выходном сигнале линейного корректора, а также временные флуктуации в регенерированном сигнале.

E2’

E1’

 Погрешность устранения АЧИ КУ-11%;

 Погрешность работы АРУ-10%;

 Нестабильность питающего напряжения РУ-5%

 Величина фазовых дрожаний хронирующего сигнала-2%

 Продукты взаимодействия

 Неискаженный импульс

Величина области принятия решения для «1» равна: ;

Величина области принятия решения для «0» - ;

На основании этого находим раскрыв глаз-диаграммы:

; => ;

После этого, зная значение номинальной амплитуды (Е=5 В), можно определить требуемый запас помехозащищенности на входе регенератора для обеспечения требуемого качества связи:

; 

**7.Построение сигнала на выходе регенератора для заданной кодовой последовательности символов для заданных линейных кодов**

Построим сигнал на выходе регенератора для заданной кодовой последовательности символов для линейного кода ЧПИ.



**8.Обоснование выбора кабеля и расчет максимальных длин участков регенерации**

Для организации связи с помощью системы ИКМ-120 будем использовать коаксиальный кабель КМ – 2.6/9.4. При этом преобладающее влияние оказывают собственные помехи (тепловой шум кабеля и шумы усилительных элементов регенератора), а величинами переходных помех можно пренебречь. Тогда *А*р = *А*рСП, и для определения максимальной длины участка регенерации решаются совместно уравнения



При увеличении длины участка регенерации защищенность от собственной помехи уменьшается, поэтому существует максимально допустимая длина участка, при которой еще обеспечивается необходимая защищенность сигнала от собственной помехи в ТРР, а, следовательно, и вероятность ошибки в одиночном регенераторе не превысит требуемого значения.

Ожидаемую величину защищенности от собственной помехи в ТРР можно вычислить

 по формуле, аппроксимирующей *А*ЗСП с точностью до десятых долей децибела в диапазоне изменения аргумента 50дБ ≤ α*l*р ≤90дБ,



где *p*ПЕР − абсолютный уровень пиковой мощности импульса на выходе регенератора, дБ;

*F* − коэффициент шума корректирующего усилителя;

fТ − тактовая частота сигнала в линии (8,448 МГц);

*α* − коэффициент затухания кабельной линии на частоте (*f*т/2), дБ/км;

*l*P − длина участка регенерации, км.

Величины *p*ПЕР и α определяется по формуле



.



**Максимальная протяженность участка регенерации** определяется из уравнения:



величину защищенности определяют по приближенной формуле, справедливой при 10-15<рОШ<10-4:



где рОШ1 – вероятность ошибки в одиночном регенераторе (, где р0 – заданная величина вероятности ошибки на км линейного тракта);

ΔАр – запас помехоустойчивости, учитывающий неидеальность регенератора, дБ.

Подставляя значения рОШ = 5⋅10-9; ΔАЗ = ΔАРЕГ = 2,22 дБ, получаем:



Отсюда:



9**.Разработка и обоснование структуры линейного тракта**

Выбор типа оконечного оборудования осуществляется на основании полученных исходных данных, а именно числа каналов и типа кабеля.

Заданное число каналов равно 120. Исходя из этого, можно выбрать в качестве оконечного оборудования 1 комплекта аппаратуры ИКМ-120.

Общая схема оконечного оборудования будет иметь вид (рис. 7).



Рис. 7. Общая схема оконечного оборудования.

Передающее оконечное оборудование осуществляет дискретизацию входных аналоговых сигналов, временное объединение полученных дискретных сигналов, их квантование, кодирование и преобразование двоичной последовательности на выходе кодера в форму, удобную для передачи по линии, а в приемном оконечном оборудовании осуществляется обратное преобразование.

Дистанционное питание (ДП) линейных регенераторов осуществляется стабилизированным постоянным током по схеме ″провод-провод″ с использованием центральных жил коаксиальных пар. При этом необслуживаемые регенерационные пункты (НРП) включаются в цепь ДП последовательно.

Дистанционное питание подается в линию от блоков ДП, устанавливаемых либо на оконечных пунктах (ОП), либо на обслуживаемых промежуточных пунктах (ОРП). При этом дистанционное питание может производиться как с обоих ОП (питание полусекциями), так и с одного ОП. При питании секциями шлейф цепи ДП организуется в НРП, расположенном в середине питаемого участка линейного тракта, а при питании с ОП – на другом ОП или ОРП. Шлейф цепей ДП двух смежных полусекций организуется в одном НРП.

При расчете напряжения на выходе блока ДП следует учитывать падение напряжения на участках кабеля и на НРП, т. е.

;

где IДП − ток дистанционного питания, А;

R0 − километрическое сопротивление цепи ДП постоянному току, Ом/км;

lДП − длина участка ДП, км;

UНРП − падение напряжения на одном НРП, В;

n − число НРП, питаемых от одного ОП (ОРП).

Количество переприемов ТЧ  ;

Рассчитаем n;



Поскольку lДП = 200 км, а длина участка регенерации должна быть кратна строительной длине кабеля (500 м), то lР = 13 км, а значит:

 



Оп2

Оп1

 нрп

 ОРП-1

 200 км

На основании данных: R0= 14,2 Ом/км, UНРП =35 В, IДП = 125 мА, получаем  для одного из участков, но т.к. все участки одинаковы:



Напряжение UДП для ИКМ-120 должно быть не более 980 В, поэтому такой способ организации ДП подходит.

**Заключение**

В ходе выполнения курсового проекта рассчитано необходимое количество разрядов в кодовом слове, обоснованы преимущества применения нелинейного по сравнению с линейным квантованием. Определена необходимая величина защищенности от шумов квантования. С помощью глаз-диаграммы определен запас помехозащищенности регенератора. Для заданной кодовой последовательности символов для заданных линейных кодов построен сигнал на выходе регенератора. Обоснован выбор кабеля для системы передачи, а также рассчитана максимальная длина участка регенерации, на основе чего разработана структура линейного тракта.

**Список используемой литературы**

1. Баева Н.Н., Гордиенко В.Н. и др. «Многоканальные системы передачи» − М.: Радио и связь, 1996;
2. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. «Цифровые и аналоговые системы передачи» − М.: Радио и связь, 1995;
3. Дегтярев А.И., А.В.Тезин «Пособие по курсовому и дипломному проектированию цифровых систем передачи» – Орел.: Академия ФАПСИ, 2002;
4. Денисов М. Ю. «Цифровые системы передач» - Орел: ВИПС, 1996.