

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 03.09.2021 18:03:59

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d59e571c11ceabb73e945df4a48511da5da089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г.Локтионова

« 14 » 02 2018 г.

КВАНТОВАНИЕ И КОДИРОВАНИЕ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ

Методические указания для проведения лабораторной работы
для студентов направления подготовки 11.03.02
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по дисциплине «Многоканальные системы передачи»

УДК 621.391

Составители: И.Г.Бабанин, Д.С.Коптев

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры
А.А. Гуламов

Квантование и кодирование речевых сигналов в цифровых системах передачи: методические указания для проведения лабораторной работы для студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. И.Г.Бабанин, Д.С.Коптев.- Курск, 2018.- 18 с.

Содержат сведения о процедурах линейного и нелинейного квантования, алгоритме компандирования по квазилогарифмическим законам, применяемым в Европе и России (А-закон) и в Северной Америке (μ-закон), а также описание сегментной шкалы квантования, стандартизованной рекомендацией G.711.

Методические указания соответствуют учебному плану и рабочей программы дисциплины «Многоканальные системы передачи» по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов направления подготовки 11.03.02 очной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 14.02.18 . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. 1,04. Уч.-изд.л. 0,95. Тираж 100 экз. Заказ 977 . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

1	Цель практических занятий	4
2	Задание на аудиторную и самостоятельную работы	4
2.1	Задание по расчетной части.....	4
3	Основные понятия и термины	6
3.1	Линейное квантование	7
3.2	Нелинейное квантование	9
3.3	Рекомендация G.711 (А-шкала)	11
4	Методические указания к выполнению расчетной части..	16
5	Контрольные вопросы	18
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	19

1 Цель практических занятий

Изучение процессов квантования и кодирования речевых сигналов в цифровых системах передачи. Ознакомление с процедурами линейного и нелинейного квантования, а также с рекомендацией МСЭ-Т G.711 и алгоритмом кодирования по А-закону.

Приобретение практических знаний и навыков в преобразовании аналогового речевого сигнала в цифровой сигнал для передачи по каналу связи.

2 Задание на аудиторную и самостоятельную работы

Перед выполнением расчетной части практических занятий необходимо, используя методическую литературу [1, 2] и настоящие методические указания, изучить процессы преобразования (дискретизация, квантование и кодирование) аналоговых речевых сигналов, которые происходят в процессе передачи этих сигналов по цифровым каналам связи. Основное внимание уделить процедурам линейного и нелинейного квантования.

Ознакомиться с алгоритмами правилами кодирования речевого сигнала по А-закону, производимыми в соответствии с рекомендацией МСЭ-Т G.711.

2.1 Задание по расчетной части

1. Обосновать величину требуемых пропускных способностей цифрового канала при передаче речевых сигналов методом ИКМ с использованием линейной шкалы (линейное квантование) и квазилогарифмической шкалы (нелинейное квантование). Сравнить эти пропускные способности и сделать вывод о целесообразности использования линейного или нелинейного квантования при передаче речевых сигналов.

2. Определить структуру кодовых групп на выходе кодера G.711 (А-закон) для заданных в таблице 1 трех значений амплитуд сигналов АИМ-2 при использовании метода прямого кодирования.

Определить напряжения на выходе декодера. Вычислить ошибку квантования.

3. Для первого из трех значений напряжения, приведенных в табл. 1, определить структуры кодовых групп на выходе линейного кодера, цифрового компрессора, цифрового экспандера и напряжение на выходе линейного декодера при использовании метода цифрового компандирования. Сравнить полученные результаты с результатами п. 2.

Таблица 1

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИМ-2, мВ	+10	+20	+40	+80	+100	+320	+640	+500	+1280	+2000
	-1900	-1000	-400	-300	-700	-50	-80	-9	-25	-270
	+2500	-2300	+2600	-2530	-2610	-2360	-2700	-2380	-2410	-2370
Δ , мВ	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2

3 Основные понятия и термины

При изучении рекомендованных источников следует помнить, что в цифровых системах передачи чаще всего используется временное разделение каналов (ВРК). Поэтому, чтобы объединить несколько аналоговых сигналов этим методом, необходимо выполнить дискретизацию этих сигналов. Затем, непосредственно объединяя дискретизированные сигналы, можно построить аналоговую систему передачи (АСП) с временным разделением каналов.

Однако такая система, помимо недостатков, общих для всех АСП (накапливания помех в тракте и др.), обладает дополнительным серьезным недостатком: воздействие линейных искажений, неизбежно присутствующих в любом линейном тракте, на групповой сигнал АСП сВРК приводит к межсимвольной интерференции и появлению внятных переходных разговоров.

Поэтому, для исключения этих недостатков в цифровых системах передачи дискретизированные аналоговые сигналы преобразуются в цифровую форму.

Существуют несколько методов такого преобразования, но наиболее часто используется импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), суть которой заключается в том, что амплитуда каждого отсчета дискретизированного сигнала преобразуется в двоичную m -разрядную кодовую комбинацию. Поскольку количество возможных значений аналогового сигнала бесконечно, а количество m -разрядных двоичных чисел конечно и составляет $M=2^m$, то при ИКМ должны быть выполнены следующие операции:

1. Назначаются M разрешенных уровней, которые может принимать дискретизированный сигнал;
2. Все разрешенные уровни нумеруются m -разрядными двоичными числами;
3. Амплитуда каждого дискретного отсчета аналогового сигнала округляется до ближайшего разрешенного уровня;
4. Вместо амплитуды отсчета передается номер соответствующего разрешенного уровня;
5. На приеме по номеру разрешенного уровня формируется напряжение, соответствующее данному уровню.

Процесс округления дискретных отсчетов сигнала до ближайшего разрешенного уровня называется квантованием сигнала, анабор разрешенных уровней образует шкалу квантования.

При квантовании сигнала истинные значения отсчетов $a(iT)$ заменяются квантованными значениями $a_{кв}(iT)$. Такая замена приводит к необратимой потере информации, поскольку по значениям $a_{кв}(iT)$ невозможно точно восстановить $a(iT)$.

Напряжение, соответствующее «расстоянию» между соседними разрешенными уровнями, называется шагом квантования (δ), анапряжение, соответствующее последнему разрешенному уровню, называется напряжением ограничения ($U_{огр}$).

Ошибкой квантования называют разность между истинным и квантованным значениями сигнала $\varepsilon(iT) = a(iT) - a_{кв}(iT)$. Эти ошибки образуют шум квантования, который, как и любой другой шум, характеризуется мощностью $P_{шкв}$, которая может быть найдена по формуле:

$$P_{шкв} = \delta^2/12R, \quad (1)$$

где R – сопротивление нагрузки.

Все отсчеты $a(iT)$, амплитуда которых превышает напряжение ограничения $U_{огр}$, округляются до этого напряжения, что приводит к ограничению сигнала, росту шума квантования и ухудшению качества восстановленного сигнала. Поэтому динамический диапазон квантователя должен быть таким, чтобы вероятность ограничения была пренебрежимо мала.

Следует отметить, что мощность шума квантования сама по себе не дает представления о качестве передачи сигнала. Мерой этого качества является отношение мощности сигнала P_c к мощности шума квантования $P_{шкв}$. Логарифмическую меру этого отношения называют помехозащищенностью от шумов квантования

$$A_{з кв} = 10 \lg(P_c/P_{шкв}), \text{дБ} . \quad (2)$$

3.1 Линейное квантование

Если разрешенные уровни расположены равномерно, то есть все шаги квантования одинаковы, то шкала квантования называется линейной (равномерной). В противном случае шкала является нелинейной (неравномерной).

Чаще всего шкала квантования симметрична относительно нулевого напряжения, в этом случае для линейной шкалы шаг квантования связан с напряжением ограничения и числом битов в кодированном слове соотношением:

$$\delta = \frac{2U_{\text{огр}}}{M-1} \approx \frac{2U_{\text{огр}}}{M} = \frac{2U_{\text{огр}}}{2^m}.$$

Рассмотрим зависимость помехозащищенности от уровня входного сигнала. Из (1) следует, что мощность шума квантования $P_{\text{шкв}}$ не зависит при линейной шкале от уровня сигнала. Таким образом, при увеличении уровня входного сигнала числитель в формуле (3) увеличивается, а знаменатель не изменяется, поэтому помехозащищенность от шумов квантования $A_{з\text{ кв}}$, выраженная в децибелах при использовании линейной шкалы квантования возрастает пропорционально увеличению уровня сигнала (рис. 3.1, кривая 1).

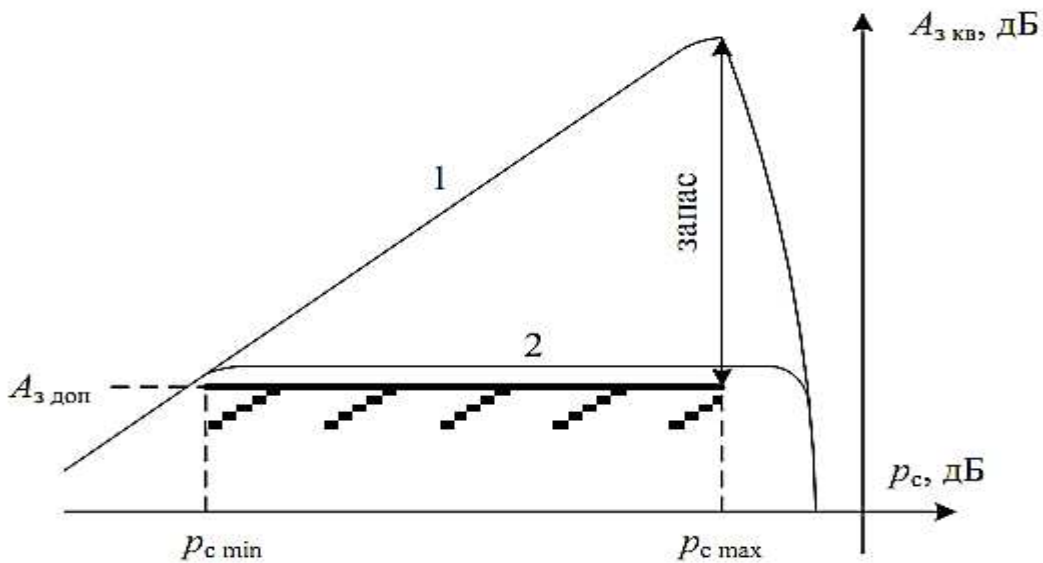


Рисунок 3.1 - Помехозащищенность от шумов квантования
1 – линейная шкала; 2 – нелинейная шкала

Для обеспечения требуемого качества восстановления аналогового сигнала у получателя необходимо обеспечить выполнение нормы на помехозащищенность от шумов квантования в определенном диапазоне уровней входного сигнала. Так (см. рисунок 3.1), шаг квантования при линейной шкале нужно определять исходя из условия, чтобы норма на помехозащищенность выполнялась для минимального уровня входного сигнала. В этом случае для сигналов с большей амплитудой норма будет выполняться автоматически.

ски и с большим запасом. Наличие этого запаса свидетельствует о том, что использование линейной шкалы требует чрезмерно большого количества разрешенных уровней и приводит к нерациональному использованию пропускной способности цифрового канала.

Практика показывает, что при линейном квантовании речевого сигнала достаточно $m = 12$ бит.

3.2 Нелинейное квантование

Требуемое количество битов в кодовом слове может быть уменьшено, если использовать нелинейную шкалу квантования. Для ликвидации избытка помехозащищенности необходимо, чтобы $A_{з кв}$ была постоянна в рабочем диапазоне уровней входного сигнала (рисунок 3.1, кривая 2). Для этого при увеличении числителя в формуле (2) знаменатель также должен пропорционально увеличиваться, то есть при увеличении мощности сигнала должна пропорционально возрастать мощность шума квантования. Из соотношения (1) следует, что чем больше амплитуда отсчета, тем большим должен быть шаг квантования δ .

Таким образом, самые слабые сигналы квантуются максимально точно (с наименьшим шагом), а чем выше уровень сигнала, тем квантование грубее. Количество разрешенных уровней M уменьшается, что приводит к уменьшению требуемой разрядности m (см. рисунок 3.2).

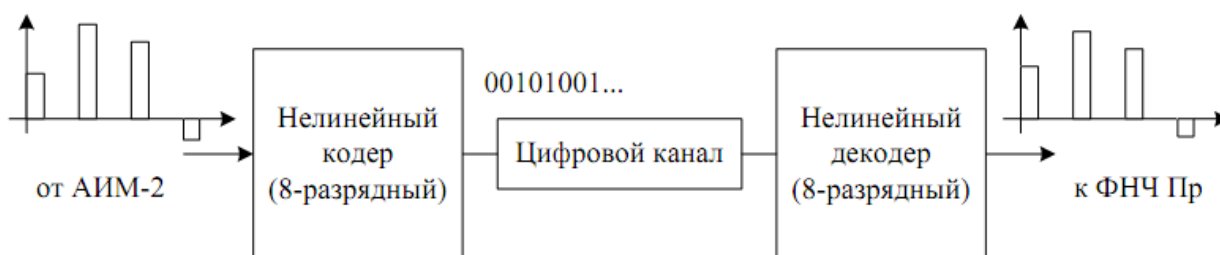


Рисунок 3.2 – Квантование с использованием нелинейного кодера (метода прямого кодирования)

Квантование с использованием нелинейной шкалы эквивалентно пропусканию речевого сигнала через особый нелинейный четырехполюсник с последующим линейным квантованием (рис. 3, б). Этот нелинейный элемент называется компрессором дина-

мического диапазона, а его амплитудная характеристика – характеристикой компрессии. На приеме должна выполняться обратная операция – экспандирование, которая осуществляется в экспандере – нелинейном элементе, амплитудная характеристика которого обратна характеристике компрессии. Процессы компрессии и экспандирования объединяют общим термином – компандирование.



Рисунок 3.3 – Квантование с использованием аналогового компандирования

Можно показать, что $A_{з\text{кв}} = \text{const}$ достигается при использовании логарифмической характеристики компрессии. Поскольку логарифм нуля не существует, то для обеспечения физической реализуемости на практике применяются квазилогарифмические характеристики. Распространение получили два квазилогарифмических закона компандирования: А-закон (в Европе и России) и μ -закон (в Северной Америке).

Амплитудная характеристика компрессии по закону μ имеет вид:

$$u_{\text{вых}}(u_{\text{вх}}) = U_{\text{огр}} \frac{\ln\left(\mu \frac{|u_{\text{вх}}|}{U_{\text{огр}}} + 1\right)}{\ln(\mu + 1)} \text{sign}(u_{\text{вх}}), \quad (3)$$

где $\mu=255$ – коэффициент сжатия динамического диапазона.

Характеристика компрессии по закону А:

$$u_{\text{вых}}(u_{\text{вх}}) = \begin{cases} \frac{A u_{\text{вх}} / U_{\text{огр}}}{1 + \ln A}, & \frac{|u_{\text{вх}}|}{U_{\text{огр}}} \leq \frac{1}{A}, \\ \frac{1 + \ln(A |u_{\text{вх}}| / U_{\text{огр}})}{1 + \ln A} \text{sign}(u_{\text{вх}}), & \frac{1}{A} \leq \frac{|u_{\text{вх}}|}{U_{\text{огр}}} \leq 1, \end{cases} \quad (4)$$

где $A = 87,6$.

Следует отметить, что вариант построения кодека с использованием аналоговых компрессора и экспандера (рисунок 3.3) в настоящее время не применяется. Недостатком данного варианта является невозможность добиться того, чтобы характеристика экспандирования была в точности обратна характеристике компрессии.

Наиболее современным является вариант с цифровым компандированием (рисунок 3.4). При этом весь кодек реализуется в виде специализированной микросхемы либо интегрируется в более сложную микросхему.

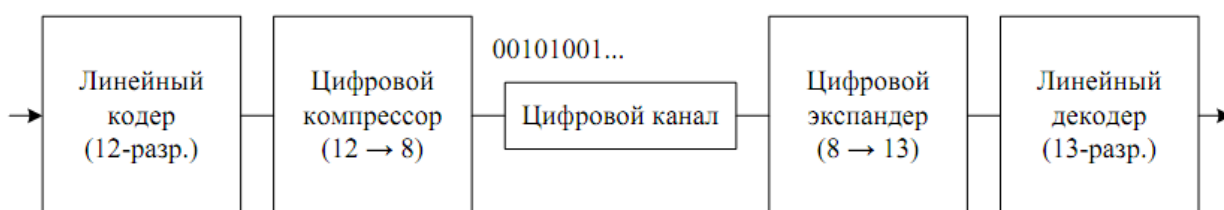


Рисунок 3.4 -Квантование с использованием цифрового компандирования

При использовании квазилогарифмической шкалы квантования выполнение норм на помехозащищенность достигается при использовании $m = 8$ битов для кодирования речевого сигнала.

3.3 Рекомендация G.711 (А-шкала)

Кодек ИКМ с нелинейной (квазилогарифмической) шкалой квантования стандартизован рекомендацией МСЭ-Т G.711. В этой рекомендации описаны два варианта кодека:

- с компандированием по закону А;
- с компандированием по закону μ .

Для упрощения технической реализации кодеков в рекомендации МСЭ-Т G.711 используются сегментные шкалы квантования, что эквивалентно линейной аппроксимации характеристик (3), (4) ломаными линиями.

Рассмотрим кодек с компандированием по А-закону (рисунок 3.5).

Вся шкала квантования разделена на 16 сегментов, восемь из которых (с номерами 0...7) находятся в положительной области, а

другие восемь – в отрицательной. Шкала симметрична, нумерация и структура сегментов отрицательной области совпадает с положительной областью. В каждом из сегментов находится по шестьдесят четыре равномерно расположенных разрешенных уровней с номерами 0...15 (см. рисунок 3.5).

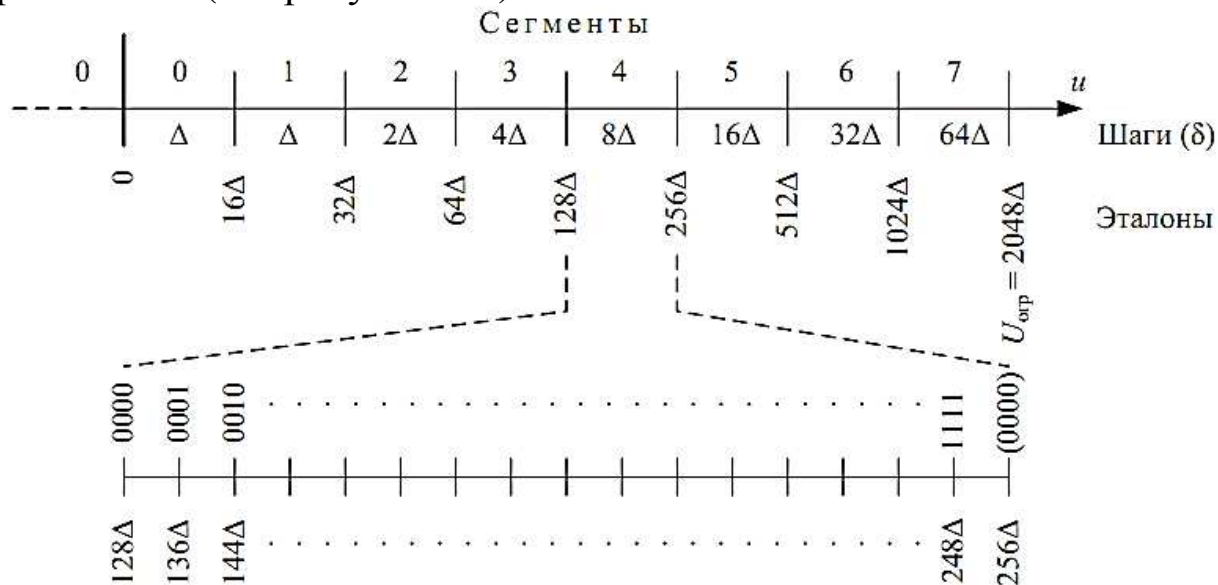


Рисунок 3.5 – Сегментная шкала квантования

В верхней части рисунка показаны сегменты и соответствующие им шаги квантования. Шаг квантования в первом сегменте такой же, как в нулевом ($\delta_1 = \delta_0 = \Delta$), а в каждом последующем сегменте он в 2 раза больше, чем в предыдущем ($\delta_2 = 2\Delta$, $\delta_3 = 4\Delta$, ..., $\delta_7 = 64\Delta$).

Нижняя граница сегмента называется эталонным напряжением, или эталоном, данного сегмента.

Как правило, при кодировании униполярных сигналов применяется натуральный код, а при кодировании речевых (биполярных) сигналов используется натуральный симметричный код. В последнем случае кодовое слово состоит из восьми разрядов и имеет следующую структуру: $\alpha_{3н}$; $\alpha_{с2}$, $\alpha_{с1}$, $\alpha_{с0}$; α_3 , α_2 , α_1 , α_0 . Назначение битов следующее:

- старший разряд $\alpha_{3н}$ – бит полярности. Он равен 1 для положительных отсчетов и 0 – для отрицательных;
- следующие три разряда $\alpha_{с2}$, $\alpha_{с1}$, $\alpha_{с0}$ содержат номер сегмента, записанный в двоичном коде;

– младшие четыре разряда $\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha_0$ содержат номер уровня в данном сегменте, записанный в двоичном коде.

При этом кодирование происходит методом усечения, а не округления, то есть сигнал округляется не до ближайшего, а до наименьшего (по модулю) разрешенного уровня. Это приводит к тому, что максимальная ошибка квантования будет равна полному шагу квантования, а не его половине, в результате чего увеличивается мощность шума квантования. Для исключения данного эффекта на приеме к выходному напряжению декодера добавляется половина шага квантования.

Эта ситуация поясняется рисунком 3.6, на котором изображены два последовательных отсчета АИМ-2 и два соседних разрешенных уровня. Из-за использования метода усечения второй отсчет, также как и первый, будет закодирован кодовым словом n , несмотря на то, что он расположен ближе к $(n+1)$ -му уровню. Жирной линией обозначено выходное напряжение декодера.

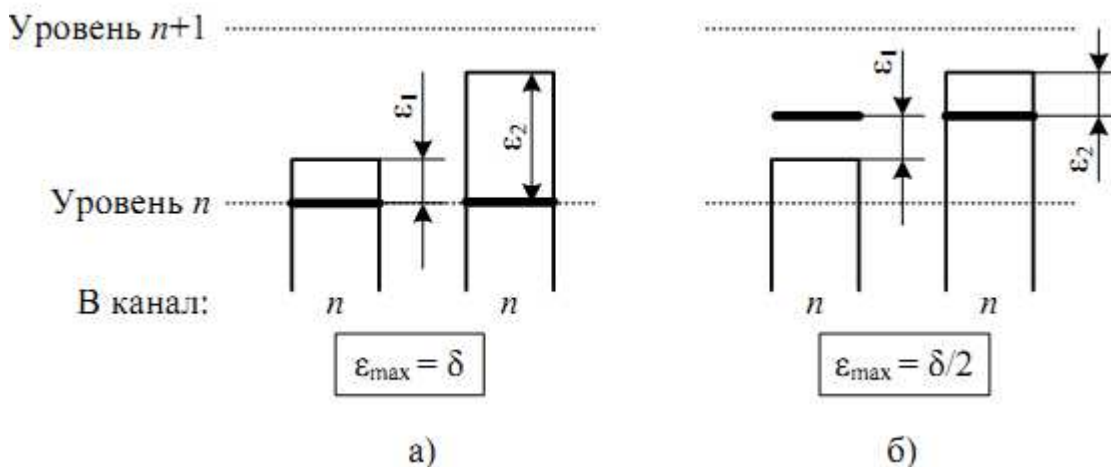


Рисунок 3.6 - Входные и выходные отсчеты
а) – без поправки; б) – с поправкой $\delta/2$

Для улучшения статистических свойств сформированного цифрового потока перед передачей в канал все четные разряды кодовых групп инвертируются. На приеме выполняется обратное преобразование. Это позволяет избежать появления в передаваемом цифровом сигнале длинных последовательностей нулей, которые нежелательны, поскольку затрудняют выделение тактовой частоты на приеме.

При реализации данного кодека с использованием метода цифрового компандирования (рисунок 3.4) сигнал вначале подвергается линейному квантованию и 12-разрядному кодированию, при этом шаг линейного квантования равен Δ , а напряжение ограничения $U_{огр} = 2048\Delta$. Далее полученные 12-разрядные кодовые группы подвергаются цифровой компрессии по следующему алгоритму (см. таблицу 2):

1. Бит полярности P сохраняется;
2. Номер сегмента определяется как $(7 - n)$, где n – количество нулей перед старшей единицей (исключение составляет нулевой сегмент);
3. Четыре бита $WXYZ$ переносятся без изменений. Более младшие биты отбрасываются.

В результате формируются 8-разрядные кодовые группы, которые после инверсии четных разрядов передаются в канал.

Таблица 2

Номер сегмента	Коддокомпрессии (12 битов)	Кодпослекомпрессии (8 битов)	Кодпослеэкспандирования (13 битов)
7	P1WXYZ?????	P111WXYZ	P1WXYZ1000000
6	P01WXYZ?????	P110WXYZ	P01WXYZ100000
5	P001WXYZ?????	P101WXYZ	P001WXYZ10000
4	P0001WXYZ????	P100WXYZ	P0001WXYZ1000
3	P00001WXYZ??	P011WXYZ	P00001WXYZ100
2	P000001WXYZ?	P010WXYZ	P000001WXYZ10
1	P0000001WXYZ	P001WXYZ	P0000001WXYZ1
0	P0000000WXYZ	P000WXYZ	P0000000WXYZ1

На приеме кодовые группы подвергаются цифровому экспандированию, в результате которого разрядность увеличивается с 8 до 13. Полученные кодовые группы являются номерами разрешенных уровней линейной шкалы квантования с шагом квантования $\Delta/2$ и напряжением ограничения 2048Δ . Как видно из таблицы 2, кодовые группы после экспандирования отличаются от кодовых групп до компрессии наличием младшей единицы после битов $WXYZ$, добавление которой эквивалентно добавлению поправки, равной половине шага квантования текущего сегмента.

4 Методические указания к выполнению расчетной части

При выполнении расчетных заданий следует изучить теоретические сведения, приведенные в настоящих методических указаниях и в рекомендуемой литературе.

При определении требуемой пропускной способности цифрового канала для передачи речевых сигналов методом ИКМ следует ориентироваться на принятые частоту дискретизации стандартного канала тональной частоты и значения количества бит в кодовом слове m при линейном и нелинейном квантовании.

Для нахождения структуры кодовых групп на выходе кодера при использовании метода прямого кодирования (рисунок 3.2) следует воспользоваться данными, приведенными на рисунке 3.5. При этом следует иметь в виду следующие обстоятельства:

1. Если квантуемый сигнал не выходит за пределы шкалы квантования, всегда выполняется неравенство $|\varepsilon_{кв}| \leq \delta/2$.
2. Если квантуемый сигнал выходит за пределы шкалы квантования, то это неравенство не выполняется, что приводит к ограничению сигнала.

Приведем примеры решения расчетного задания.

Пример 1. Дано: $u_{вх} = -154$ мВ, $\Delta = 0,9$ мВ.

Так как $u_{вх} < 0$, следовательно, $\alpha_{зн} = 0$. В силу симметрии шкалы дальнейшие действия проводятся без учета знака.

Определяем номер сегмента: $|u_{вх}|/\Delta = 171,1$. Следовательно, значение находится в 4 сегменте и поэтому $(\alpha_{с2}, \alpha_{с1}, \alpha_{с0}) = (1, 0, 0)$.

Определяем номер уровня в 4 сегменте. Расстояние от нижней границы (эталона) четвертого сегмента $|u_{вх}| - u_{эм 4} = 43,1\Delta$.

Поскольку шаг квантования в 4 сегменте $\delta_4 = 8\Delta$, номер разрешенного уровня равен целой части выражения $(|u_{вх}| - u_{эм 4})/\delta_4 = 5,39$.

Следовательно, $(\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1, \alpha_0) = (0, 1, 0, 1)$ и структура кодовой группы на выходе кодера (без учета инверсии четных разрядов):
0 100 0101.

Выходное напряжение $u_{вых}$ декодера складывается из эталона 4 сегмента $u_{эм 4} = 128\Delta$, пяти шагов квантования, равных $\delta_4 = 8\Delta$, и поправки, равной половине шага квантования ($\delta_4/2$). Таким образом, $u_{вых} = -154,8$ мВ.

Ошибка квантования: $\varepsilon_{кв} = u_{вх} - u_{вых} = 0,8 \text{ мВ}$, $|\varepsilon_{кв}| \leq \delta_4/2 = 3,6 \text{ мВ}$. Преобразование выполнено верно.

Для нахождения структуры кодовых групп на выходе линейного кодера, цифрового компрессора, цифрового экспандера и напряжения на выходе линейного декодера при использовании метода цифрового компандирования (рисунок 3.4) используйте данные таблицы 2.

Пример 2. Выполнение расчетного задания для случая цифрового компандирования при исходных данных примера 1.

Так как $u_{вх} < 0$, следовательно, $P = 0$. В силу симметрии шкалы дальнейшие действия проводятся без учета знака.

Находим кодовую группу на выходе линейного 12-разрядного кодера при условии, что шаг квантования в линейной шкале постоянен и равен Δ . Номер разрешенного уровня равен целой части $|u_{вх}|/\Delta = 171,1$. Поскольку $171_{10} = 00010101011_2$, то после добавления бита полярности P получим 000010101011 .

Используя таблицу 2, находим номер сегмента и биты $WXYZ$:

000010101011
 $\underbrace{}_P \quad \underbrace{}_{WXYZ}$

Количество нулей перед старшей единицей (не считая бита полярности) $n = 3$, следовательно, номер сегмента $7 - n = 4$.

Так как $4_{10} = 100_2$, а $WXYZ = 0101$, кодовая группа после компрессии будет иметь вид $0 \ 100 \ 0101$, что полностью совпадает с результатом примера 1.

13-разрядную кодовую группу на выходе цифрового экспандера получаем из таблицы 2:

0000101011000.
 $\underbrace{}_P \quad \underbrace{}_{WXYZ}$

Поскольку $000101011000_2 = 344_{10}$, а шаг квантования постоянен и равен $\Delta/2$, то с учетом знака получаем:

$$u_{вых} = -344\Delta/2 = 154,8 \text{ мВ}.$$

Полученный результат полностью совпадает с результатом примера 1. Следовательно, оба варианта реализации кодека эквивалентны.

5 Контрольные вопросы

1. Что такое квантование и для чего оно необходимо?
2. Дайте определения шагу квантования, ошибке квантования и шуму квантования.
3. От чего зависит мощность шума квантования?
4. Что такое помехозащищенность от шумов квантования?
5. Какая шкала квантования называется линейной (равномерной)? Как зависит уровень шума квантования и помехозащищенность от шумов квантования от уровня входного сигнала?
6. Расскажите о достоинствах и недостатках линейного квантования.
7. Какое квантование называется нелинейным (неравномерным)? Как связаны уровень шума квантования и помехозащищенность с уровнем входного сигнала?
8. Какие варианты реализации нелинейного квантования Вы знаете? Что такое компрессия, экспандирование, компандирование?
9. Какова должна быть форма характеристики компрессии, чтобы помехозащищенность не зависела от уровня сигнала?
10. Каково преимущество квазилогарифмической шкалы квантования перед линейной?
11. В каких случаях при квантовании происходит ограничение сигнала, к чему оно приводит?
12. Опишите принцип работы и структуру кодовой группы квазилогарифмической А-шкалы квантования по рекомендации МСЭ-Т G.711.
13. С какой целью на приеме к выходному напряжению декодера добавляется половина шага квантования?
14. С какой целью при передаче все четные биты кодовых групп инвертируются?
15. Укажите процедуры кодирования и декодирования по А-закону с использованием цифровой компрессии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордиенко, В. Н. Многоканальные телекоммуникационные системы / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
2. Курицын, С. А. Телекоммуникационные технологии и системы / С. А. Курицын. – М.: Академия, 2008.