

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ АВТОМАТИКА ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ»

Протокол № ____ от _____ 201__ г.
Автор: _____

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационные сети и телекоммуникации

Уровень ВО: *Бакалавриат*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *4*

Специальность/Направление: *27.03.04 Управление в технических системах (УТб)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *(УТ) Системы и технические средства автоматизации и управления*

Москва

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Задание на контрольную работу составлено в соответствии с действующей рабочей программой.

Контрольная работа состоит из двух задач, посвященных принципам построения современных цифровых систем передачи. Варианты исходных данных к задачам студент выбирает по двум последним цифрам своего учебного шифра.

К выполнению контрольной работы рекомендуется приступать после изучения теоретической части курса в целом или разделов, рекомендованных в задачах. При выполнении контрольной работы следует привести исходные данные для каждой задачи в соответствии с вариантом, краткие пояснения, расчеты и схемы, предусмотренные методическими указаниями. Схемы должны быть выполнены в графических редакторах.

Оформление контрольной работы выполняется на одной стороне стандартных листов А4, с использованием текстовых редакторов, в соответствии с требованиями по оформлению (14 шрифт, полуторный межстрочный интервал, поля справа – 3,5, слева 3, сверху и снизу – 2 см). Листы должны быть сброшюрованы и пронумерованы. В конце контрольной работы необходимо привести список использованной литературы.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА №1

Образовать кодовую группу для заданного отсчета сигнала при кодировании способом потактового сравнения.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	16,5 0,03	27,0 0,15	16,0 0,01	20,7 0,07	-9,2 0,15	22,0 0,14	25,0 0,02	32,0 0,60	14,1 0,25	17,4 0,25
1	27,1 0,02	21,5 0,02	-11,9 0,12	16,8 0,05	8,5 0,20	-19,0 0,22	-28,1 0,05	21,4 0,75	6,2 0,32	11,2 0,35
2	-8,7 0,09	-19,6 0,10	-9,1 0,02	-19,7 0,03	10,9 0,01	-18,9 0,12	31,2 0,04	19,5 0,13	8,2 0,75	14,6 0,27
3	-11,0 0,02	-14,2 0,20	5,7 0,01	18,1 0,02	16,7 0,05	-11,5 0,25	16,5 0,03	20,3 0,18	13,1 0,50	29,2 0,18
4	32,5 0,06	23,0 0,50	-12,0 0,05	15,7 0,01	-19,9 0,05	-13,5 0,10	19,1 0,05	15,1 0,32	19,2 0,02	-17,1 0,15
5	-24,0 0,05	16,5 0,30	21,4 0,07	-27,2 0,07	18,1 0,03	16,1 0,07	14,2 0,06	-25,2 0,41	18,4 0,14	18,0 0,27
6	-12,5 0,12	-30,7 0,50	-18,6 0,03	9,1 0,50	14,9 0,02	-21,6 0,04	-22,1 0,04	23,4 0,52	-21,0 0,03	-19,6 0,41
7	31,5 0,10	21,5 0,02	20,6 0,04	19,1 0,30	-5,7 0,01	24,0 0,03	-24,0 0,02	-21,6 0,60	-25,1 0,18	14,1 0,01
8	-22 0,02	-11,0 0,10	26,5 0,02	-13,7 0,10	-29,0 0,03	-27,2 0,05	29,0 0,03	-18,6 0,41	-23,2 0,45	-12,4 0,04
9	15 0,07	8,5 0,05	13,1 0,05	-17,2 0,01	35,0 0,02	32,4 0,02	-30,9 0,02	14,1 0,35	19,5 0,60	6,2 0,02

Примечание. В таблице 1 верхнее число в каждой строке показывает значение отсчета сигнала U , V , нижнее – минимальный шаг квантования Δ , B .

Методические указания

Перед выполнением задачи необходимо изучить принципы обработки сигналов в цифровой связи, принципы квантования и кодирования сигналов в системах передачи. Установить особенности линейного, нелинейного квантования и кодирования, квантователей с симметричной характеристикой, ознакомиться с устройством и работой кодера и декодера.

Материалы содержатся во втором разделе лекций.

Кодирование – это процесс замены отсчета сигнала определенной кодовой группой. Формирование кодовой группы осуществляется одновременно с квантованием отсчета по амплитуде (уровню), т.е. заменой отсчета ближайшим разрешенным значением кодовой группы в соответствии со шкалой квантования.

В цифровых системах передачи используется нелинейное квантование. Шкала квантования содержит 256 разрешенных значений – шагов квантования. Из них 128 для положительной полярности сигналов и 128 для отрицательной.

Характер нелинейности шкалы квантования определяется кривой компрессии типа А-87,6/13, показанная на рисунке 1 и представляющая собой амплитудную характеристику кодера. Применение нелинейного квантования позволило обеспечить достаточно высокую защищенность от шума квантования как сильных, так и слабых телефонных (речевых) сигналов.

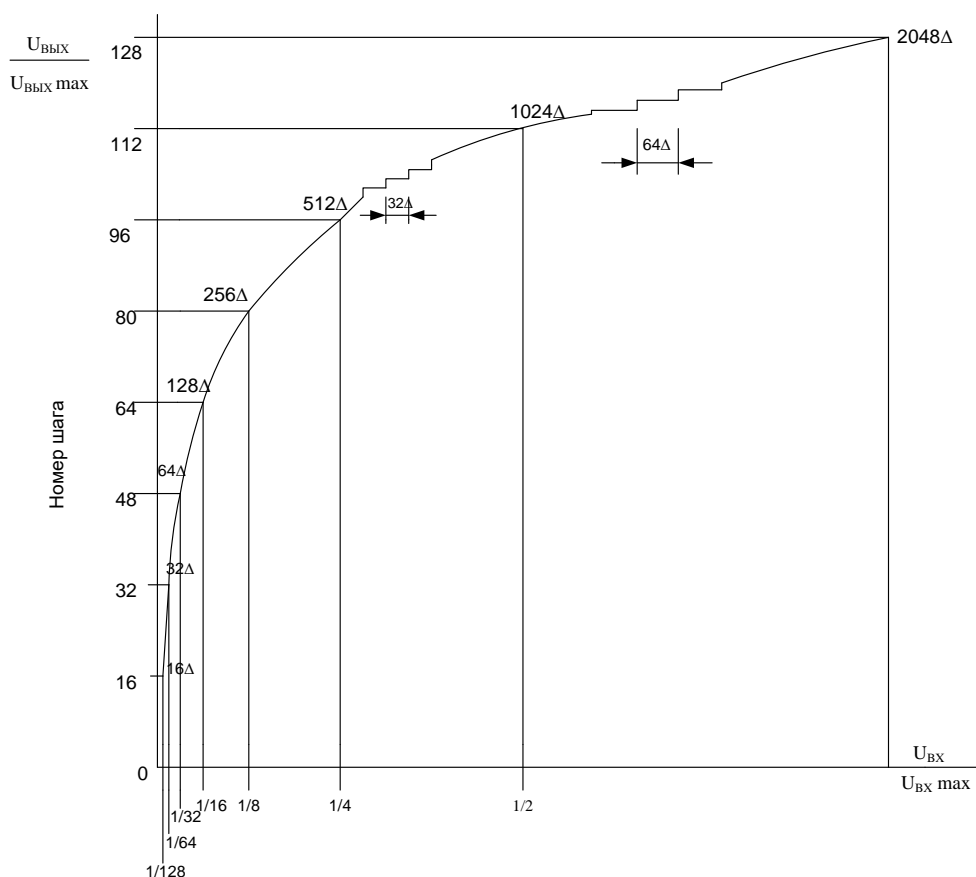


Рисунок 1 - Характеристика компрессии сигнала типа А-87,6/13 кодера ЦСП

В соответствии с кривой компрессии шаг квантования изменяется в зависимости от величины поступающего в кодер отсчета и лежит в пределах от Δ (для слабых сигналов) до 64Δ (для сильных сигналов). Характеристика компрессии составлена из прямолинейных отрезков-сегментов. Их восемь в положительной и восемь в отрицательной области значений сигнала (на рисунке показана ее положительная ветвь). Каждый из сегментов содержит 16 одинаковых шагов квантования. Первые два сегмента (C_0 и C_1) имеют один и тот же угол наклона к горизонтальной оси и равные шаги квантования Δ . С увеличением номера сегмента ($C_2 \dots C_7$) его наклон уменьшается, а шаг квантования возрастает до 64Δ . Такой характер изменения крутизны кривой А-87,6/13 указывает на то, что при квантовании происходит и сжатие динамического диапазона сигнала.

Каждая кодовая группа цифрового сигнала представляет собой комбинацию из восьми двоичных символов 0 и 1. Отсюда число кодовых групп $2^8=256$, т.е. равно числу разрешенных значений на шкале квантования.

В процессе кодирования производится:

- определение и кодирование полярности (знака) отсчета; для этого достаточно одного такта кодирования, при котором фиксируются или 1 (при знаке « + ») или 0 (при знаке « - »);

- поиск и кодирование сегмента, в пределах которого находится значение отсчета; для выбора одного из восьми сегментов очевидно необходимы три такта ($8=2^3$);

- поиск и кодирование отсчета в пределах найденного сегмента; для выбора одного из 16 значений требуется четыре такта ($16=2^4$).

В итоге кодовая группа содержит восемь разрядов.

Кодовая группа отсчета

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Знак отсчета	Сегмент, в котором находится отсчет			Значение отсчета в сегменте			

В основе операции кодирования лежит способ потактового сравнения (взвешивания). При каждом такте производится сравнение отсчета с эталонным сигналом, вырабатываемым в кодере. Этот способ аналогичен способу взвешивания предмета на механических рычажных весах при помощи гирь-эталонов различного веса. Операция «электрического» взвешивания осуществляется в кодере при помощи компаратора (comparare – сравнивать, лат.).

Для кодирования используются 11 эталонов: Δ , 2Δ , 4Δ , 8Δ , 16Δ , 32Δ , 64Δ , 128Δ , 256Δ , 512Δ и 1024Δ . При кодировании сегмента используются семь эталонов: 16Δ , 32Δ , 64Δ , 128Δ , 256Δ , 512Δ и 1024Δ (рис. 2). При кодировании отсчета в пределах сегмента требуются четыре эталона $n\cdot\Delta$, $2n\cdot\Delta$, $4n\cdot\Delta$ и $8n\cdot\Delta$. Причем значение n определяется минимальным шагом квантования в сегменте ($n = 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64$).

После каждого такта (операции сравнения) в соответствующем разряде кодовой группы фиксируется символ 0 или 1. В случае, если значение отсчета оказалось больше эталона, то фиксируется 1, если меньше, то фиксируется 0. В электрическом сигнале символ 1 соответствует импульсу, а 0 – пробелу.

Поясним на примере порядок формирования кодовой группы на примере отсчета $y=110\Delta$. Из рисунка 1 видно, что отсчет находится в пределах сегмента S_3 . На рисунке 2 показана шкала сегментов и шкала значений отсчетов в сегменте.

Шкала сегментов (рис. 2, а) используется для образования первых четырех разрядов, шкала уровней (рис. 2, б) – остальных четырех. Выполним кодирование.

Первый такт – определяется знак отсчета путем сравнения с 0. Так как $y > 0$, то в первом разряде фиксируется 1. Символ 1 указан в скобках. Далее кодирование продолжается в положительной области шкалы квантования.

Второй такт – делается сравнение отсчета с эталоном 128Δ , это значение делит шкалу сегментов на две равные части по числу сегментов. При сравнении имеем $y < 128\Delta$, следовательно, во втором разряде будет 0.

Номера шагов
квантования и уровни
на границах сегментов

Номера шагов
квантования и уровни
в сегменте C_3

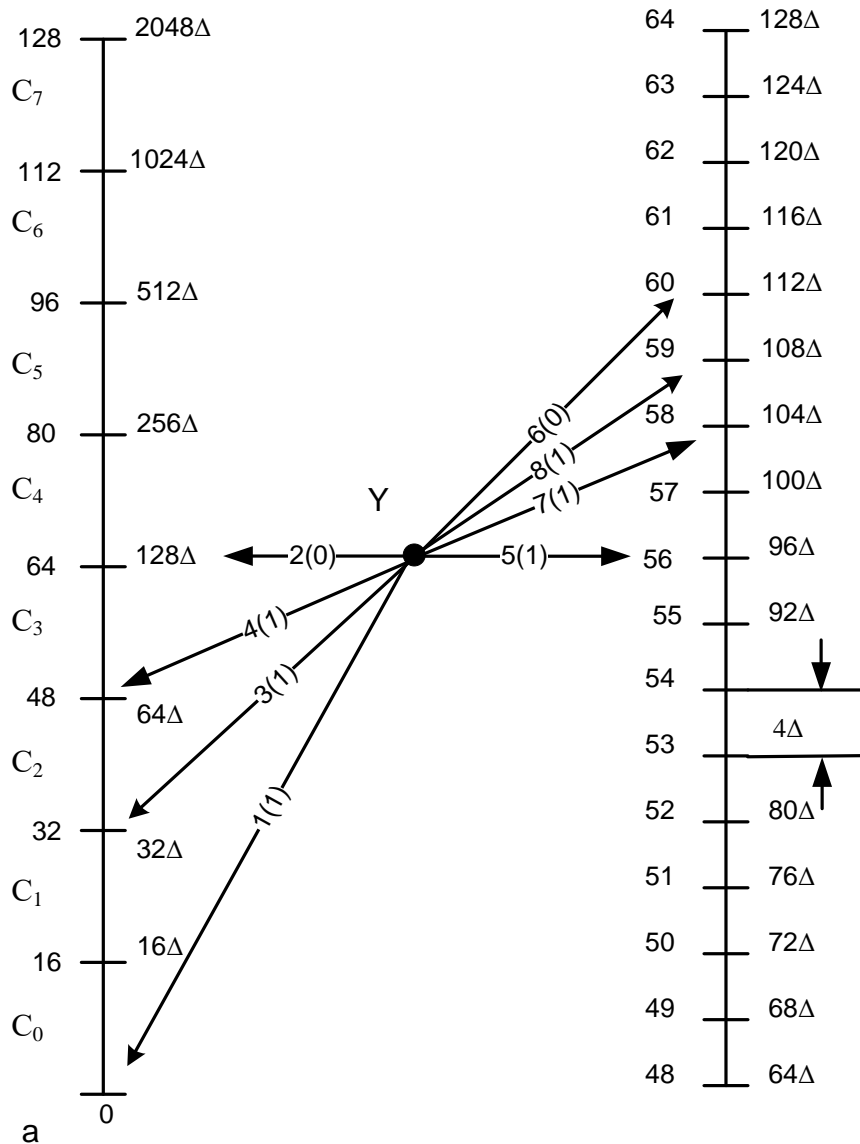


Рисунок 2 - Шкала квантования сегментов (а)
и шкала значений отсчетов в сегменте (б)

Третий такт – делается сравнение с меньшим эталоном 32Δ , он делит нижнюю половину шкалы сегментов, в которой находится кодированное значение отсчета, также на две части. Так как $y > 32\Delta$, то в третьем разряде фиксируется тоже 1.

Четвертый такт – проводится сравнение с большим эталоном 64Δ и в четвертом разряде фиксируется 1.

После четырех тактов кодирования найден знак отсчета (он «+») и сегмент, в пределах которого находится кодированное значение отсчета (он C_3). Кодирование продолжается в пределах сегмента C_3 (см. рис.2, б), помня при этом, что минимальный шаг квантования в этом сегменте равен 4Δ ($n=4$).

Пятый такт – делается уже сравнение с сумой эталонов $64\Delta+32\Delta=96\Delta$ – значением на середине шкалы уровней. Сравнение отсчета с этой суммой дает $y > 96\Delta$, поэтому в пятом разряде будет 1.

Далее кодирование продолжается в верхней половине шкалы сегмента.

Шестой такт – проводится сравнение с суммой эталонов $64\Delta+32\Delta+16\Delta=112\Delta$. При сравнении с полученной суммой получается $y < 112\Delta$ и в шестом разряде 0.

Седьмой такт – проводится сравнение с суммой эталонов $64\Delta+32\Delta+8\Delta=104\Delta$. В результате $y > 104\Delta$ и в седьмом разряде 1.

Восьмой такт – проводится сравнение с суммой эталонов $64\Delta+32\Delta+8\Delta+4\Delta=108\Delta$. При сравнении получается $y > 108\Delta$ и в восьмом разряде 1.

На этом кодирование заканчивается, а кодовая группа отсчета будет определять двоичное число 10111011.

Весь процесс формирования кодовой группы представлен в таблице 2.

В заключение следует отметить, что при каждом такте кодирования поле поиска объекта на всей шкале квантования уменьшается в два раза.

Кроме того, из рисунка 2 можно видеть, что при кодировании сегмента используется нелинейное квантование, а при кодировании уровня в сегменте – линейное квантование.

Таблица 2 – Процесс формирования кодовой группы

Объект кодирования	Такт кодирования	Эталон или сумма эталонов сравнения	Результат сравнения с эталонами	Фиксированный символ в кодовой группе
Полярность отсчета	1	0	$y > 0$	1
Сегмент, в пределах которого находится значение отсчета	2	128Δ	$y < 128\Delta$	0
	3	32Δ	$y > 32\Delta$	1
	4	64Δ	$y > 64\Delta$	1
Значение отсчета в сегменте	5	$64\Delta + 32\Delta$	$y > 96\Delta$	1
	6	$64\Delta + 32\Delta + 16\Delta$	$y < 112\Delta$	0
	7	$64\Delta + 32\Delta + 8\Delta$	$y > 104\Delta$	1
	8	$64\Delta + 32\Delta + 8\Delta + 4\Delta$	$y > 108\Delta$	1

Ознакомившись с пояснениями и рекомендованным материалом, можно приступить к выполнению задачи. Заданный отсчет (таблица 1) может быть выражен через свое значение и минимальный шаг квантования Δ

$$y = \frac{U}{\Delta} \Delta.$$

Тогда, например, для отсчета, напряжение которого $U=25\text{В}$, а минимальный шаг квантования $\Delta=0,02\text{В}$, находим

$$y = \frac{25}{0,02} \Delta = 1250\Delta.$$

Материал выполняемой задачи должен содержать шкалы квантования (рис. 2), таблицу кодирования (табл. 2) и необходимые пояснения при формировании кодовой группы для заданного отсчета.

ЗАДАЧА №2

Определить параметры цифровых каналов, построенных на основе принципов временного уплотнения сигналов в аналого-импульсной и цифровой форме (с применением группообразования с двухсторонним согласованием скоростей). Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

Параметр	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	0	12	18	24	36	42	48	54	60	66	72
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/1	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2
N	1	18	24	36	42	48	54	60	66	72	12
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2
N	2	24	36	42	48	54	60	66	72	12	18
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2
N	3	36	42	48	54	60	66	72	12	18	24
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2
N	4	42	48	54	60	66	72	12	18	24	36
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2	2/1	4/2
N	5	48	54	60	66	72	12	18	24	36	42
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/1	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2
N	6	54	60	66	72	12	18	24	36	42	48
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/1	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2
N	7	60	66	72	12	18	24	36	42	48	54
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2
N	8	66	72	12	18	24	36	42	48	54	60
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2	2/1	4/2
N	9	72	12	18	24	36	42	48	54	60	66
M ₁		3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
q ₃ /q ₄		2/3	4/2	2/1	4/2	2/1	4/2	2/3	4/2	2/3	4/2

1. Определить тактовую частоту передачи f_{m0} основного цифрового канала ОЦК, полученного путем преобразования стандартного аналогового телефонного сигнала в цифровой форму при использовании:

- линейной шкалы квантования;
- нелинейной шкалы квантования.

2. Построить цикл передачи первичного цифрового канала, в котором, за один цикл передается N стандартных телефонных сигнала (ОЦК) и два служебных. Значение N берется из таблицы 3. Шкала квантования нелинейная. Определить тактовую частоту f_{m1} первичной цифровой системы передачи, длительность сверхцикла $T_{\text{ци}}$, информационную эффективность $\mathcal{E}_{\Sigma 1}$ цифрового потока.

3. Построить цикл передачи вторичного цифрового канала, получаемого путем временного группообразования M_1 первичных (полученных в предыдущем пункте). Кратность мультиплексирования M_1 берется из таблицы 3. Определить тактовую частоту f_{m1}^* цифрового сигнала на выходе БАС, скорость передачи вторичного цифрового канала f_{m2} , информационную эффективность $\mathcal{E}_{\Sigma 2}$ суммарного цифрового потока.

4. Построить цикл передачи третичного цифрового канала, получаемого путем временного группообразования четырех вторичных (полученных в предыдущем пункте), при условии, что для возможности реализации средств сетевого автоматического контроля и управления (ССАКУ) в каждой группе на выходе БАС дополнительно формируется по q_3 служебных позиций (таблица 3). Определить тактовую частоту f_{m2}^* цифрового сигнала на выходе БАС, скорость передачи f_{m3} третичного цифрового канала, информационную эффективность $\mathcal{E}_{\Sigma 3}$ суммарного цифрового потока.

5. Построить цикл передачи четверичного цифрового канала, полученного путем 4-кратного мультиплексирования третичных, при условии, что для организации дополнительного канала передачи служебных данных во второй и третьей группе формируется по q_4 служебных позиции (таблица 3). Определить тактовую частоту f_{m3}^* цифрового сигнала на выходе БАС, скорость передачи f_{m4} четверичного цифрового сигнала, информационную эффективность $\mathcal{E}_{\Sigma 4}$ суммарного цифрового потока.

Методические указания

Перед выполнением задачи необходимо изучить принципы временного уплотнения сигналов в аналого-импульсной форме, особенности построения первичных систем передачи (ИКМ-30). Установить особенности посимвольного объединения цифровых потоков, смысл определения информационной эффективности суммарного цифрового потока, ознакомиться с общей структурной схемой работы оборудования временного группообразования. Изучить особенности процедуры согласования скоростей, принципы построения циклов передачи вторичного, третичного и четверичного каналов плезиохронной цифровой иерархии.

Материалы находятся в третьем и четвертом разделах лекций.

1. Тактовая частота передачи основного цифрового канала определяется по выражению

$$f_{m0} = f_d \cdot m,$$

где f_d – частота дискретизации телефонного сигнала;

m – разрядность кода.

Разрядность кода, используемого при кодировании квантованных отсчетов, определяется способом квантования.

2. Период цикла первичного цифрового канала равен периоду дискретизации телефонного сигнала $T_d = 125$ мкс. Цикл передачи показан на рисунке 3.

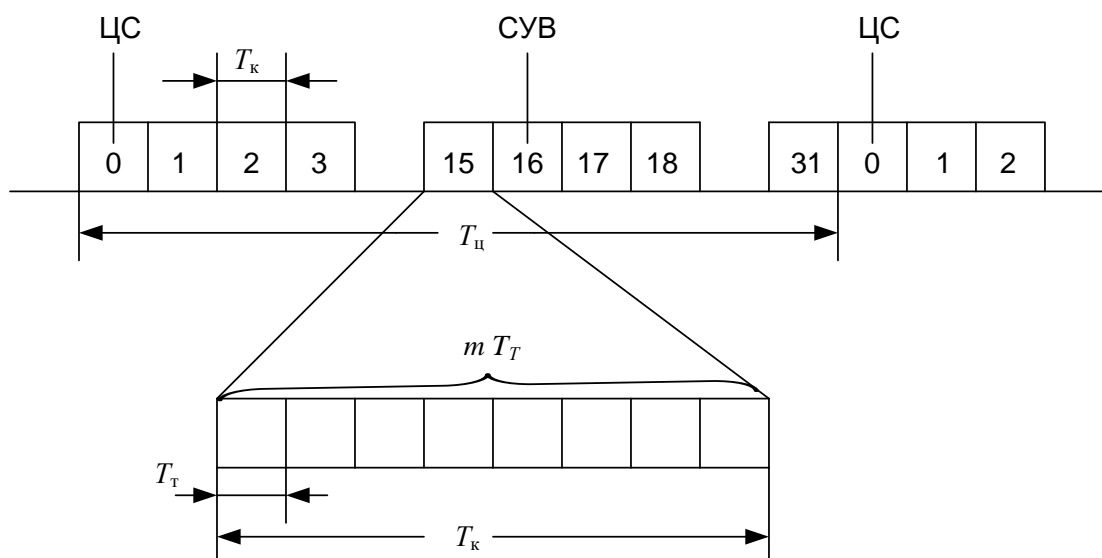


Рисунок 3 – Цикл передачи первичного цифрового канала

В интервале $T_{ц}$ последовательно передаются в цифровом двоичном коде выборки 30 телефонных сигналов (т.е. в данном случае, $N=30$) и два служебных цифровых сигнала: цикловой синхронизации (ЦС) и сигналов управления и взаимодействия для АТС (СУВ). Каждая выборка передается в своем канальном интервале (КИ), имеет длительность кодовой комбинации $T_{к}$ и состоит из m разрядов. Длительность разряда – $T_{Т}$. При $m = 8$ получим

$$f_{Т1} = \frac{1}{T_{Т}} = \frac{1}{T_{к}/8} = \frac{1}{T_{ц}/8 \cdot 32} = F_{д} \cdot 32 \cdot 8 = 2048 \text{ кГц}$$

Как видно из рисунка, для передачи сигнала ЦС используется нулевой канальный интервал КИ0, а для передачи сигнала СУВ – 16-й канальный интервал КИ16 ($[N+2]/2$). Остальные канальные интервалы используются для передачи телефонных сигналов.

В первичной ЦСП выборка СУВ одного абонента передается в виде 3-разрядной кодовой комбинации, при этом в одном КИ16 размещаются выборки СУВ двух абонентов. Для передачи по одному разу выборок всех N абонентов потребуется время $T_{сц} = T_{ц} (N/2 + 1)$ мс, которое называется сверхциклом, при этом в каждом 16 цикле будет передаваться сигнал сверхцикловой синхронизации (СЦС). С помощью сигнала СЦС на приемной стороне производится разделение кодированных выборок СУВ отдельных каналов.

Информационная эффективность суммарного цифрового определяется следующим выражением.

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \frac{M}{M + C} \quad (1)$$

где M – общее количество информационных символов в цифровом потоке;
 C – общее число служебных символов в цифровом потоке.

3. Построение циклов передачи вторичного, третичного и четверичного цифровых каналов рассмотрим на примере стандартов Европейской плезиохронной иерархии (цифровые потоки E2, E3 и E4).

Цикл передачи вторичного сигнала $T_{ц2}$ выбран равным 125 мкс, что равно циклу первичного цифрового канала. Построение цикла вторичного цифрового сигнала, получаемого путем временного асинхронного объединения четырех первичных цифровых сигналов с использованием двухстороннего (положительно-отрицательного) согласования скоростей, иллюстрирует рисунок 4.

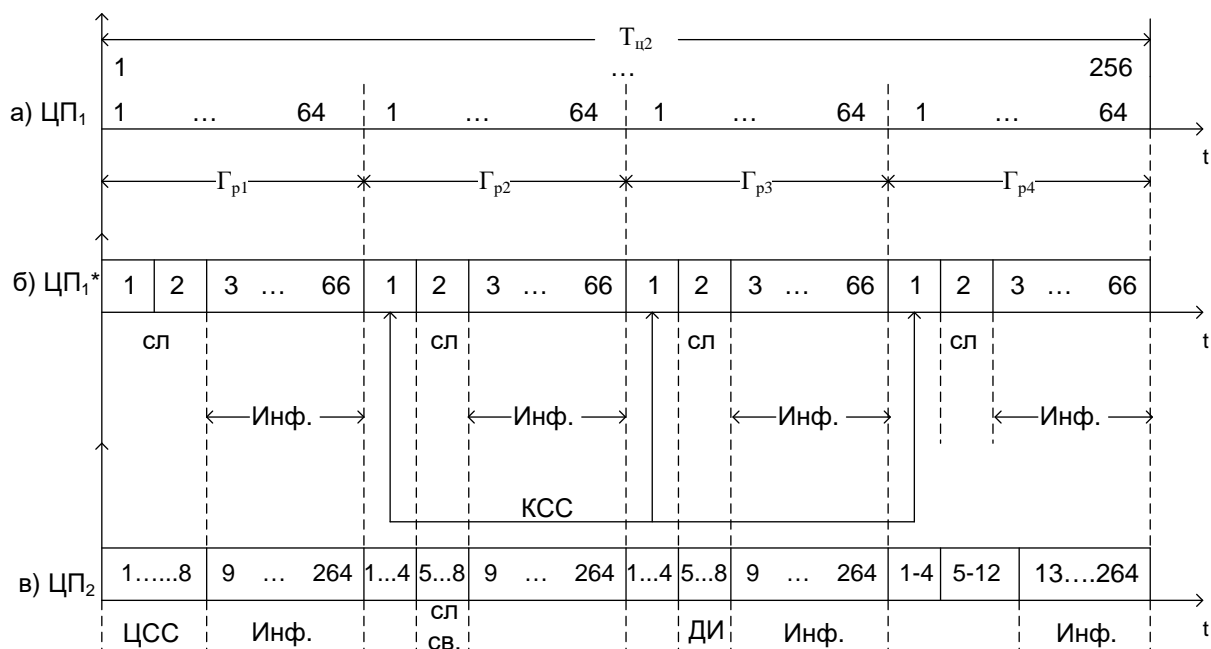


Рисунок 4 – Построение цикла передачи вторичного цифрового канала

В номинальном режиме в блок асинхронного согласования БАС (рисунок 5) за это время поступит первичный цифровой поток ЦП₁, который содержит в себе 256 информационных символов (рисунок 4, а). Для уменьше-

ния объема памяти БАС цикловой сигнал преобразованного цифрового потока ЦП₁* на выходе БАС формируют в виде последовательности четырех подциклов (групп), нумеруемых соответственно Гр₁, Гр₂, Гр₃ и Гр₄. Каждая группа преобразованного ЦП₁* на выходе БАС дополнительно содержит по два служебных символа (рис. 4, б), соответственно, каждая группа включает 66 импульсных позиций (ИП), а всего в цикле размещается 264 ИП.

Длительность каждой ИП равна $T_T^* = T_{ц2}/264$, а частота следования соответственно $f_{T1}^* = 1/T_T^* = 2112$ кГц, что равно 1/4 номинальной частоты вторичного ЦП₂. Для определения тактовой частоты преобразованного цифрового потока можно воспользоваться следующими выражениями:

$$f_m^* = \frac{N_n^*}{T_{цн}}, \quad (2)$$

где N_n^* – общее количество символов в преобразованном цифровом потоке;
 $T_{цн}$ – период цикла соответствующего цифрового потока.

$$f_m^* = \frac{N_n^*}{N_n} \cdot f_m, \quad (3)$$

Где N_n – общее количество символов в ЦП на входе БАС

f_m – тактовая частота ЦП на входе БАС.

В устройстве объединения УО (рис. 5) происходит посимвольное объединение четырех синхронных и синфазных ЦП₁* вида рис. 4, б, которые имеют одинаковую структуру цикла и скорость передачи 2112 кбит/с. В результате этого происходит формирование вторичного цифрового потока со скоростью $f_{T2} = 8448 = 4 \cdot 2112$, кбит/с. Одновременно, во вторичный цифровой поток вводятся служебные символы (рис. 4, в):

- 8-битовая группа ЦСС на позициях циклового синхросигнала;
- 4-битовая группа для организации канала служебной связи;
- 4-битовая группа для организации канала передачи дискретной информации.

Распределение символов в 4-й группе зависит от режима работы оборудования.

На рисунке 5 показана обобщенная структурная схема устройства временного объединения.

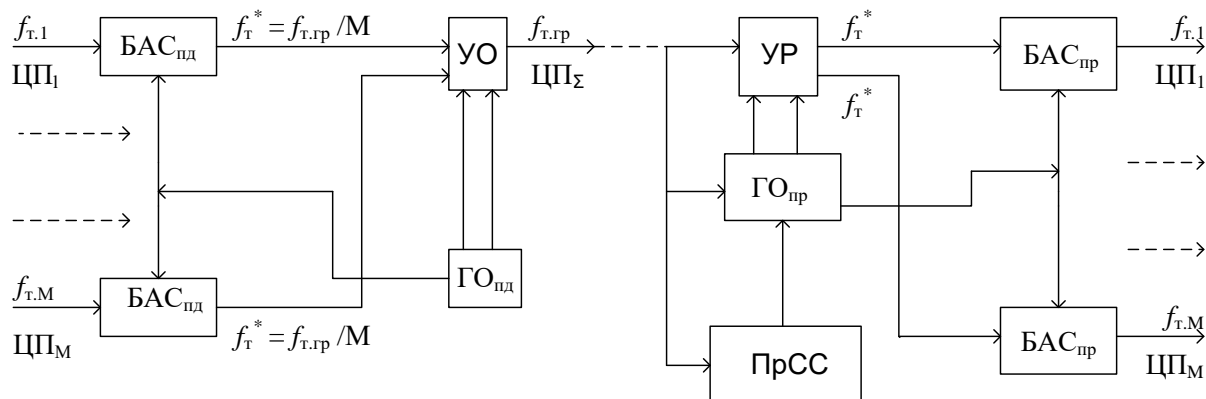


Рисунок 5 – Обобщенная структурная схема оборудования временного группообразования

Количество символов первичного цифрового потока на входе БАС определяется ПЦК, полученным в предыдущем пункте. Количество объединяемых ПЦК определяется из таблицы 4 в соответствии с вариантом. Количество и распределение служебных символов принимается по аналогии со стандартным вторичным цифровым потоком, рассмотренным в примере.

Информационная эффективность вторичного цифрового потока определяется по формуле 1. В качестве информационных символов принимаются символы первичного цифрового канала.

4. Цикл передачи третичного цифрового канала $T_{ц3}$ имеет период

$$T_{ц3} = 0,5 \cdot T_{ц2} = 62,5 \text{ мкс}$$

и делится на три подцикла (группы) длительностью $T_{пц3} = T_{ц3}/3$. При этом, общее количество символов ЦП₂ на входе БАС будет составлять

$$T_{ц3} \cdot f_{т2} = 528,$$

т.е. половину символов вторичного цифрового канала, а каждая группа, соответственно, номинально будет содержать по 176 ИП (рис. 6, а).

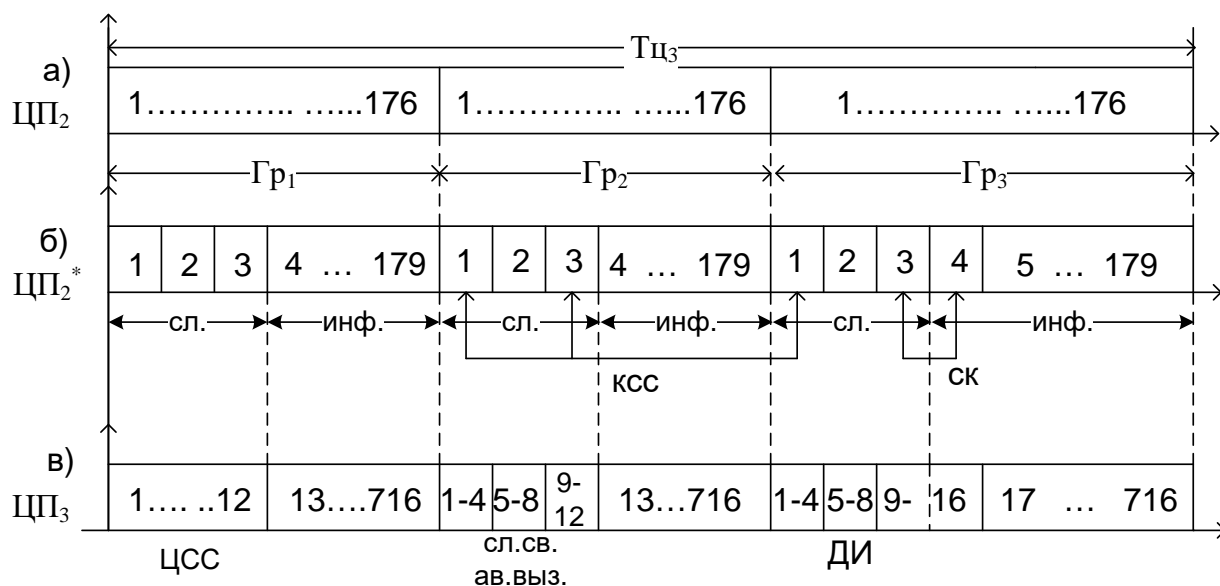


Рисунок 6 – Построение цикла передачи третичного цифрового канала

После преобразования в БАС в каждой группе дополнительно освобождается по три ИП для служебных целей, и получаемый преобразованный вторичный цифровой поток ЦП₂* в каждой группе будет содержать по 179 ИП (рис. 6, б).

Четыре преобразованных вторичных потока ЦП₂* затем посимвольно объединяются в третичный цифровой поток (рис. 6, в), у которого в каждой группе теперь насчитывается 716 ИП, при этом первые 12 позиций Гр₁ отданы для передачи сигнала цикловой синхронизации вида 111110100000, на позициях 5 и 6 в Гр₂ передается сигнал служебной связи, на позициях 5-8 в Гр₃ – сигнал дискретной информации, а на позициях 7 и 8 в Гр₂ – сигналы аварии и вызова. Позиции, отданные в третичном сигнале для передачи КСС и СК, нетрудно определить самостоятельно. Используя рисунок 6, можно убедиться, что тактовая частота преобразованного потока ЦП₂* равна

$$f_{т2}^* = f_{т2} \cdot (179/176) = f_{т2} (1 + 3/176) = 8592 \text{ кбит/с.}$$

Тактовую частоту преобразованного цифрового потока ЦП₂* можно также определить по формулам (2, 3).

Тактовая частота третичного потока соответственно будет равна

$$f_{т3} = 4 \cdot 8592 = 34\,368 \text{ кбит/с.}$$

Информационная эффективность третичного потока Э_Σ определяется по формуле 1.

При решении задачи необходимо обратить внимание, что количество символов ЦП₂, поступающих в БАС, будет зависеть от вторичного цифрового потока, полученного ранее. Кратность мультиплексирования является стандартной и равна 4, но при этом помимо служебных позиций, предусмотренных стандартом, в каждой группе на выходе БАС необходимо сформировать по q₃ служебных позиций (таблица 3) для возможности реализации средств сетевого автоматического контроля и управления.

5. При формировании четверичного цифрового потока методом двухстороннего согласования скоростей цикл передачи составляет $T_{ц4} = T_{ц3} / 4 = 15,625$ мкс, при этом цикл разделяется на четыре подцикла (группы) длительностью $T_{пц4} = T_{ц4} / 4$. По аналогии с третичным цифровым потоком, можно определить количество символов ЦП₃, поступающих за это время в БАС, что составляет 537 символов, т.е. ровно в четыре раза меньше, чем в ЦП₃, полученном в предыдущем пункте (рис. 6, в). В отличие от предыдущих вариантов временного группообразования здесь количество символов в каждой группе на входе БАС различное, а цикл преобразованного цифрового потока ЦП₃* строится по-разному для каждой группы (рис. 7, б).

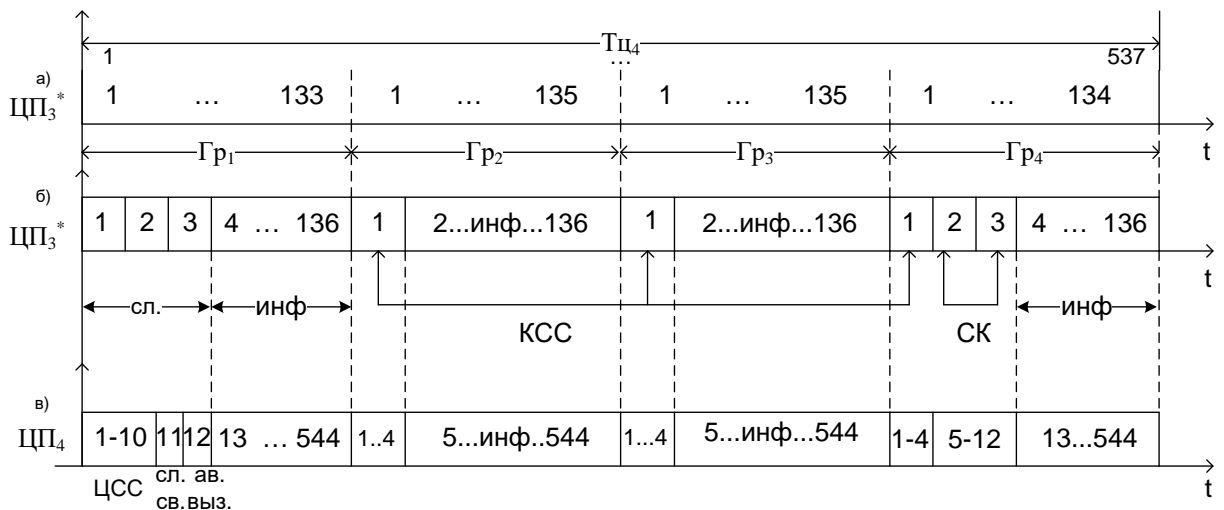


Рисунок 7 – Построение цикла передачи четверичного цифрового канала

Количество символов в каждой группе на выходе БАС одинаковое. В Гр₁ преобразованного ЦП₃* первые три ИП остаются «пустыми» для служебных целей, а остальные (с 4 по 136) заняты информационными символами исходного ЦП₃. В Гр₂ и Гр₃ для служебных целей освобождается по одной

ИП₁, а в четвертой группе – первые две ИП. Таким образом, каждая группа преобразованного цифрового потока ЦП₃^{*} содержит по 136 ИП.

Тактовая частота преобразованного цифрового потока определяется по формуле 3 и составляет:

$$f_{T3}^* = f_{T3} (544/537) = f_{T3} (1 + 7/537) = 34\,816 \text{ кбит/с}$$

Четыре преобразованных третичных потока посимвольно объединяются в один четверичный (рис. 7, в), в результате чего в каждой группе размещается 544 символа. В Гр₁ на первых 10 позициях размещают цикловой синхросигнал, на 11-й позиции передают сигнал служебной связи, на 12-й – сигнал вызова и аварии.

Тактовая частота четверичного потока соответственно будет равна

$$f_{T4} = 4 \cdot 34\,816 = 139\,264 \text{ кбит/с.}$$

Информационная эффективность четверичного потока \mathcal{E}_Σ определяется по формуле 1.

В контрольной работе при построении цикла передачи четверичного цифрового канала необходимо предусмотреть в Гр₂ и Гр₃ преобразованного цифрового потока по q_4 (таблица 3) ИП для организации канала служебных данных. Распределение и назначение остальных служебных символов и кратность мультиплексирования (4) соответствуют стандартному потоку Е4.

Уровни плезиохронной цифровой иерархии, и основные параметры цифровых каналов сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Иерархия ПЦИ (PDH)

ЦСП	Первичная	Вторичная	Третичная	Четверичная
Параметр				
Кратность мультиплексирования	30 (N)	4 (M ₁)	4	4
Скорость передачи сигнала, кбит/с	2 048	8 448	34 368	139 264
Дополнительные параметры	T _{сц}	I _{сл.св} I _{ди}	I _{с3}	I _{с4}
Число каналов ТЧ	30	120	480	1920
Информационная эффективность	Э _{Σ1}	Э _{Σ2}	Э _{Σ3}	Э _{Σ4}

На основании построенных циклов цифровых потоков, определить информационную производительность канала служебной связи $I_{сл.св}$ и дискретной информации $I_{ди}$ организованных во вторичном цифровом канале, сформированного канала для средств сетевого автоматического контроля и управления $I_{сз}$ в третичном цифровом канале, и канала служебных данных $I_{с4}$ в четверичном цифровом канале. Вопрос определения информационной производительности источника информации приведен в разделе 1.1 лекций. Результаты занести в таблицу 4 (дополнительные параметры).

Ознакомившись с пояснениями и рекомендованным материалом, можно приступить к выполнению задачи.

Материалы выполняемой задачи должны содержать:

- циклы передачи полученных цифровых потоков (рис. 3, 4, 6, 7); на рисунках необходимо отобразить поля служебных и информационных бит в преобразованном цифровом потоке, и назначение служебных бит в групповом потоке;

- структурные схемы оборудования вторичного, третичного и четверичного временного группообразования (рис. 5), с указанием численных значений тактовых частот цифровых потоков на входе и выходе БАС и группового сигнала на выходе УО;

- необходимые пояснения и вычисления при формировании циклов цифровых потоков.

При построении циклов передачи полученных цифровых потоков на рисунках необходимо отобразить поля служебных и информационных символов, обозначить назначение служебных бит.

Рассчитанные параметры полученной плезиохронной цифровой иерархии свести в таблицу 4.

Рекомендуемая литература

1. Шмытинский В.В. Глушко В. П. Многоканальные системы передачи. М.:Маршрут, 2002. - 557 с.
2. Кирилов В. И. Многоканальные системы передачи. Учебник. М.: Новое знание, 2002.
3. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. 4-е издание. М.:Эко-Трендз, 1999. 150 с.
4. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети. М.:Эко-Трендз, 2001 г. 267 с.
5. Иванов А. Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – ДМ.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
6. Р. Фриман. Волоконно-оптические системы связи (4-е, дополненное издание). М.: Эко-Трендз, 2007. 512 с.
7. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика. .: Эко-Трендз, 2008, 320 стр.
8. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. М.: Эко-Трендз, 2008, 288 стр.
9. Бакланов И. Г. SDH - NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей. М.: Эко-Трендз, 2006, 720 стр.
10. Семенов. Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. М.: ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ», 2005, 240 стр.
11. Бакланов И. Г. NGN: принципы построения и организации. М.: Эко-Трендз, 2008, 400 стр.
12. Бакланов И. Г. Технологии измерений первичной сети. Часть 1. Системы E1, PDH, SDH. М.: Эко-Трендз, 2002, 142 стр.
13. Скляр, Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2=е, испр. : пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.