

Глава 3

Сигнализация по двум выделенным сигнальным каналам

*Versate diu, quid ferre recusent. Quid vaeant humri, лат.
(Прежде прикиньте в уме, что смогут вынести плечи)
Гораций. «Наука поэзии»*

3.1 Сигнализация в системах передачи с ИКМ

Термин «сигнализация по тракту ИКМ» столь же общеупотребителен, сколь и ошибочен, в связи с чем автор хотел бы еще раз (не первый и не последний в этой книге) обратить внимание на различие между средой передачи и системами сигнализации. Оборудование ИКМ обеспечивает только среду цифровой передачи, в которой имеется возможность передавать, в числе других видов информации, и сигнальную информацию. В свою очередь, системы сигнализации по одному или двум выделенным сигнальным каналам (ВСК), описываемые в этой главе, реализуются, наряду с другими способами, и путем передачи сигналов в каналах систем ИКМ.

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) – это метод преобразования информации из аналоговой формы в цифровую для коммутации и передачи, запатентованный А.Х. Ривесом в 1938 г. Метод включает в себя стробирование аналоговых сигналов в полосе 0.3 – 3.4 кГц, квантование и кодирование результатов в цифровой форме.

Изложение теоретических основ метода импульсно-кодовой модуляции остается далеко за пределами этой книги. Именно этим была обусловлена некоторая скороговорка в виде упоминания тео-

ремы Котельникова-Шеннона в первом издании книги, замеченная искусственным читателем. В связи с этим необходимо краткое пояснение. Первый теоретический результат, который следует упомянуть в этом контексте, был получен Найквистом [130] в 1924 г. и представляет собой пропорциональную зависимость количества импульсов, которые могут быть переданы в течение единицы времени по каналу с ограниченной полосой частот, от ширины полосы частот этого канала. Далее, в 1928 г., Хартли вывел из результата Найквиста ограничение на количество данных, которые могут быть надежно переданы по физическому каналу. В 1942 г. Норберт Винер предложил принципиально новый подход, преодолевающий эту трудность, и решил задачу оптимальной линейной фильтрации. В 1947 г. В.А.Котельников [131] установил фундаментальные предельные ограничения на все возможные в будущем системы модуляции и приема сигналов. Все дальнейшее развитие теории связи основывается на методах и результатах Котельникова. Важнейший результат был также опубликован Клодом Шенноном в 1948 г. Шеннон опроверг общепринятое и оказавшееся неверным представление о том, что шум накладывает неизбежные ограничения на точность связи и показал, что влияние шума при передаче по каналу с ограниченной шириной полосы частот и ограниченной величиной сигнала может быть полностью описано одним параметром, называемым пропускной способностью канала.

Стробирование заключается в замене аналогового сигнала последовательностью его мгновенных значений, отсчитываемых с определенной частотой. Согласно вышеизложенному, значение сигнала будет точно воспроизведено, если частота стробирования по крайней мере в 2 раза выше, чем частота самого сигнала. Для речевого сигнала, ограниченного при телефонной передаче частотой 3400 Гц, частота стробирования принята равной 8000 имп/с, и, следовательно, период стробирования, т. е. интервал между соседними сканированиями, равняется 125 мкс ($1 \text{ с} / 8000 = 125 \text{ мкс}$). Точность восстановления сигнала не зависит от ширины строга. Следовательно, по одному тракту можно передавать стробы нескольких независимых друг от друга сигналов. Это и есть амплитудно-импульсная модуляция (АИМ).

Последовательность импульсов АИМ не может быть передана по линии, так как на приемной стороне из-за амплитудных искажений невозможно будет восстановить модулированный сигнал. Из теории информации следует, что для восстановления на приемной стороне модулированного сигнала с необходимой точностью достаточно располагать конечным числом значений амплитуды (уровней). В системе ИКМ используется 256 уровней. Имея конечное число уровней, их можно пронумеровать и передавать по линии номер уровня. Это и составляет сущность импульсно-кодовой модуляции.

Квантование – это процесс замены амплитуды взятого дискрета (сигнала АИМ) ближайшим выделенным уровнем, т. е. одним из 256 так называемых *уровней квантования*. Номер каждого уровня выражается в двоичной системе счисления.

Кодирование основано на замене значения квантованного дискрета восьмиразрядным словом. Квантование и кодирование осуществляются с помощью кодера. Воспроизводимый в приемнике сигнал не совпадает в точности с передаваемым сигналом, поскольку, ввиду конечного числа уровней квантования, вершина дискрета может занимать произвольное положение внутри интервала, который определяется величиной *шага квантования*, т. е. расстоянием между последовательными уровнями квантования. Поэтому в приемнике значение восстановленного сигнала располагается в середине интервала квантования. Таким образом, на приемной стороне существуют два сигнала: сигнал, идентичный переданному, и разностный сигнал (разность между переданным и восстановленным сигналами), который называется *шумом квантования*.

Такая последовательность операций обеспечивает возможность представления любых аналоговых сигналов сериями 8-битовых кодов. Эти 8-битовые коды из разных разговорных каналов размещаются в соответствующих временных интервалах и собираются в блоки для передачи. Методика называется временным разделением каналов (ВРК). Структура временных интервалов зависит от применяемых стандартов: ИКМ-30, ИКМ-24, ИКМ-15, ИКМ-12 и т.п., некоторые из которых описаны ниже.

Ширина полосы, необходимая для передачи сигнальной информации, намного меньше, чем для передачи речи, поэтому сигнализация для нескольких разговорных каналов в системе ИКМ может осуществляться в небольшой части полосы ИКМ тракта. Как уже отмечалось в главе 1, это может быть сигнализация по выделенным сигнальным каналам (ВСК) или общеканальная сигнализация (ОКС).

В случае ВСК необходима идентификация разговорного канала, к которому относится тот или иной линейный сигнал, что осуществляется фиксацией положения сигнальных битов. Сигналы, имеющие отношение к определенному разговорному каналу, всегда передаются битами, размещенными в назначенной для этого разговорного канала позиции.

ITU-T определил стандарты ИКМ сигнализации для 30-канальных и 24-канальных систем. В телефонных сетях Российской Федерации и стран СНГ используются также 15-канальные и 12-канальные системы. Организация передачи сигнальной информации в этих четырех стандартах различна.

В 30-канальных системах ИКМ 8-битовые коды, относящиеся к 30 речевым каналам, составляют «циклы». Каждый 8-битовый код

вставляется во временной интервал внутри цикла, как показано на рис. 3.1. Временной интервал 0 используется для целей синхронизации, а временные интервалы 1-15 и 17-31 используются для передачи речевых сигналов. Временной интервал 16 предназначается для сигнализации. Первые четыре бита используются для образования четырех сигнальных каналов (a, b, c, d) одного разговорного канала, а последние четыре бита в байте 16-го канала используются для образования четырех сигнальных каналов (a, b, c, d) другого разговорного канала. В следующем цикле через 125 мкс передаются сигналы, относящиеся к другой паре разговорных каналов. Шестнадцать циклов составляют «сверхцикл», в течение которого производится однократная передача сигнальной информации для всех 30 разговорных каналов.

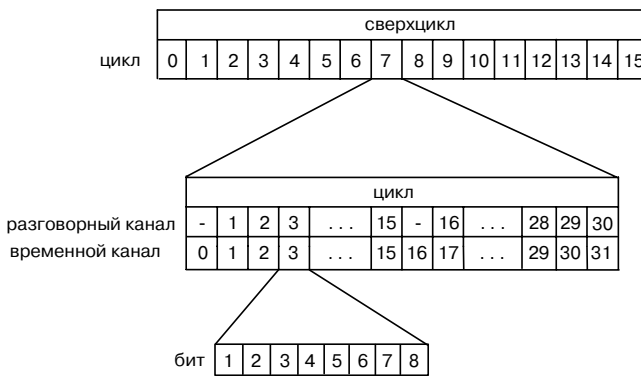


Рис. 3.1 Цикловая структура 30-канальной системы ИКМ

Для определения номера цикла в сверхцикле в 16-ом временном канале нулевого цикла передается сверхцикловой синхросигнал, от которого ведется отсчет сигнальных каналов. Временной интервал 16 в цикле 1 включает в себя сигнальные биты для разговорных каналов 1 и 16, временной интервал 16 в цикле 2 включает в себя сигнальные биты для разговорных каналов 2 и 17 и т.д. Так как в сверхцикле 16 циклов, то период дискретизации сигнальных каналов равен $16 \cdot 125 \text{ мкс} = 2 \text{ мс}$. Следовательно, искажение линейной сигнализации при передаче в ИКМ-30 может составить 2мс.

Основные параметры системы ИКМ-30/32, используемой в российских телефонных сетях:

Число канальных интервалов (каналов) в цикле	32
В том числе:	
речевых	30
сигнальных	1
синхронизации	1

Длительность цикла, мкс	125
Длительность интервала, мкс	125:32=3,9
Число разрядов (битов) в канальном интервале	8
Частота стробирования, имп/с	8000
Число уровней квантования	256
Пропускная способность системы	$32 \times 8 \times 8 \times 10^3 = 2,048$ Мбит/с

В 24-канальных системах ИКМ применяется другой метод – метод захвата бита. В этом случае два цикла внутри сверхцикла – цикл 6 и цикл 12 обозначаются как циклы сигнализации. В этих циклах первые 7 битов используются для кодирования речи, а последний 8-й бит используется для сигнализации (табл.3.1). Такое использование битов для сигнализации практически не оказывает воздействия на качество передачи речи в телефонных каналах.

Таблица 3.1 Сигнализация в 24-канальной системе ИКМ

Номер цикла	Номер бита в каждом временном интервале, используемый для:		Канал сигнализации
	передачи речи	сигнализации	
1	1-8	-	
2	1-8	-	
3	1-8	-	
4	1-8	-	
5	1-8	-	
6	1-7	8	А
7	1-8	-	
8	1-8	-	
9	1-8	-	
10	1-8	-	0
11	1-8	-	
12	1-7	8	В

Линейные сигналы, представленные в таблице 3.2, предназначены для передачи информации, изменяющей статус разговорного канала, к которому относится тот или иной сигнал. Значения линейных сигналов: «Занятие» обозначает запрос определенного разговорного канала для устанавливаемого соединения; «Ответ» обозначает, что вызываемый абонент Б ответил на вызов; «Разъединение» обозначает, что вызывающий абонент А закончил разговор; «Отбой» обозначает, что вызываемый абонент Б закончил разговор.

Таблица 3.2 Примеры кодирования для каналов сигнализации в 24-канальных системах ИКМ (система сигнализации Bell D2)

Сигнал в прямом направлении	Значение переданного сигнального бита	Сигнал в обратном направлении	Значение переданного сигнального бита
Исходное состояние	0	Свободно	0
Занятие	1	Ответ	1
Разъединение (Отбой А)	0	Отбой Б	0

Следующая модификация аппаратуры ИКМ, широко используемая в российских телефонных сетях – ИКМ-15, имеет следующие параметры:

Число канальных интервалов (каналов) в цикле	16
В том числе:	
речевых	15
сигнализации	1
Длительность цикла, мкс	125
Число разрядов (битов) в канальном интервале	8
Пропускная способность системы	$16 \times 8 \times 8 \times 10^3 = 1,024$ Мбит/с

Сверхцикл состоит из 16 циклов (с 0 по 15). Каждый цикл содержит 16 канальных интервалов (ОКИ...15КИ).

Канальные интервалы 1КИ...15КИ содержат восьмиразрядные кодовые комбинации ИКМ-сигналов 15 разговорных каналов.

В нулевом канальном интервале (ОКИ) нулевого цикла в первом разрядном интервале передается «1» для сверхциклового синхронизации (СЦС); во втором разрядном интервале «1» передает информацию об аварии на дальнем конце, в третьем – превышение коэффициентом ошибок величины 10^{-5} ; в четвертом – «1» соответствует аварии сверхциклового синхронизации.

В нулевом канальном интервале (ОКИ) всех остальных циклов в первом разрядном интервале передается «0», во втором и третьем канальных интервалах передаются первый и второй сигнальные каналы 1...15 разговорных каналов, четвертый остается в резерве.

В нулевом канальном интервале всех циклов в пятом разрядном интервале передается низкоскоростная цифровая информация (телеграфный канал), шестой, седьмой и восьмой разрядные интервалы служат для передачи циклового синхросигнала (110).

Таким образом, в одном цикле размещается 128 посылок, что соответствует скорости передачи 1024 кбит/с.

Выпускаемая в настоящее время комбинированная аппаратура ИКМ-15/30 обеспечивает работу с существующими типами декадно-шаговых и координатных АТС и, в зависимости от типа комплектов РСЛ, предусматривает следующие режимы работы:

- а) окончный режим с четырехпроводным окончанием канала с уровнями -13 дБ на входе и 4 дБ на выходе;
- б) окончный режим с двухпроводным окончанием канала с уровнем 0 дБ на входе и -7 дБ или -3.5 дБ на выходе;
- в) четырехпроводный автоматический транзит.

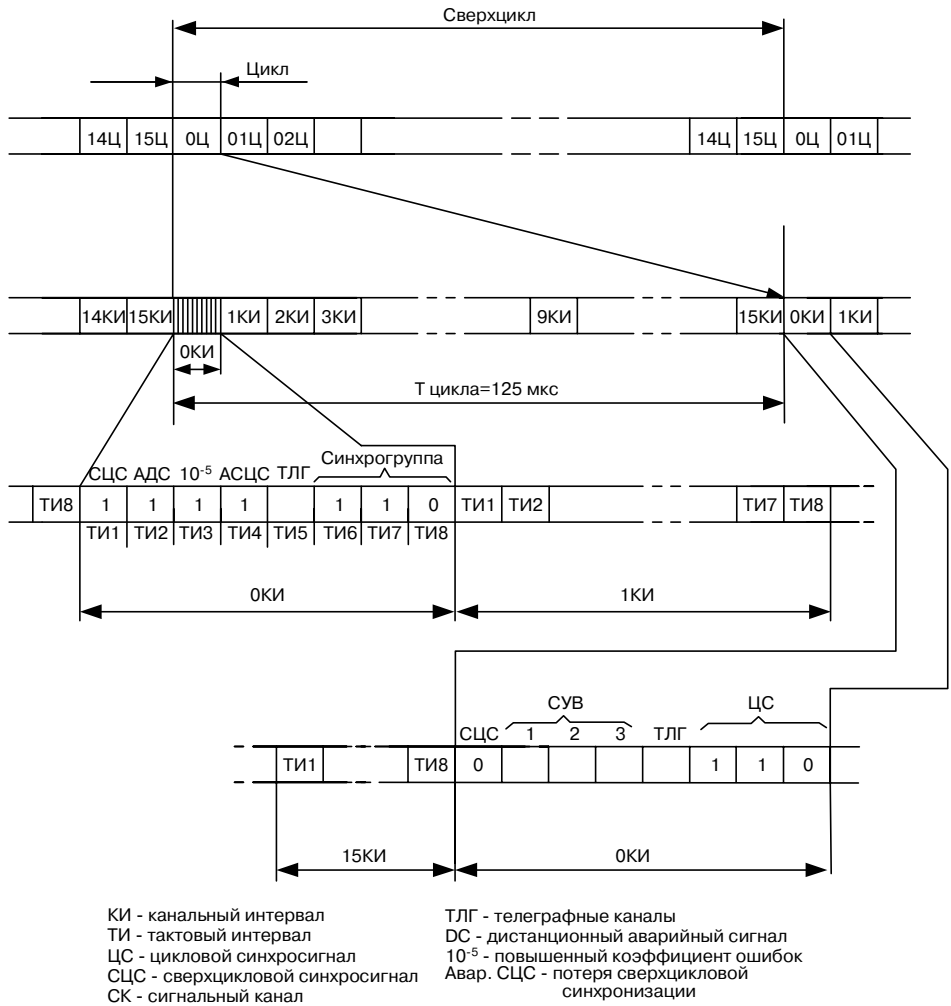


Рис. 3.2 Временной спектр системы передачи ИКМ-15

В двух следующих разделах данной главы будет рассмотрен способ линейной сигнализации по двум выделенным сигнальным каналам в односторонних цифровых соединительных линиях с отдельными пучками входящих местных и междугородных соединительных линий. Система сигнализации по двум ВСК имеет ограниченный набор сигналов и ограниченные информационные возможности, о чем

упоминалось в главе 1, что подчеркивает эпиграф к данной главе и что увидит настойчивый читатель, который доберется до главы 10, посвященной ОКС7. Тем не менее, сегодня сигнализация по двум ВСК является основным способом сигнализации, принятым в российских городских телефонных сетях (ГТС).

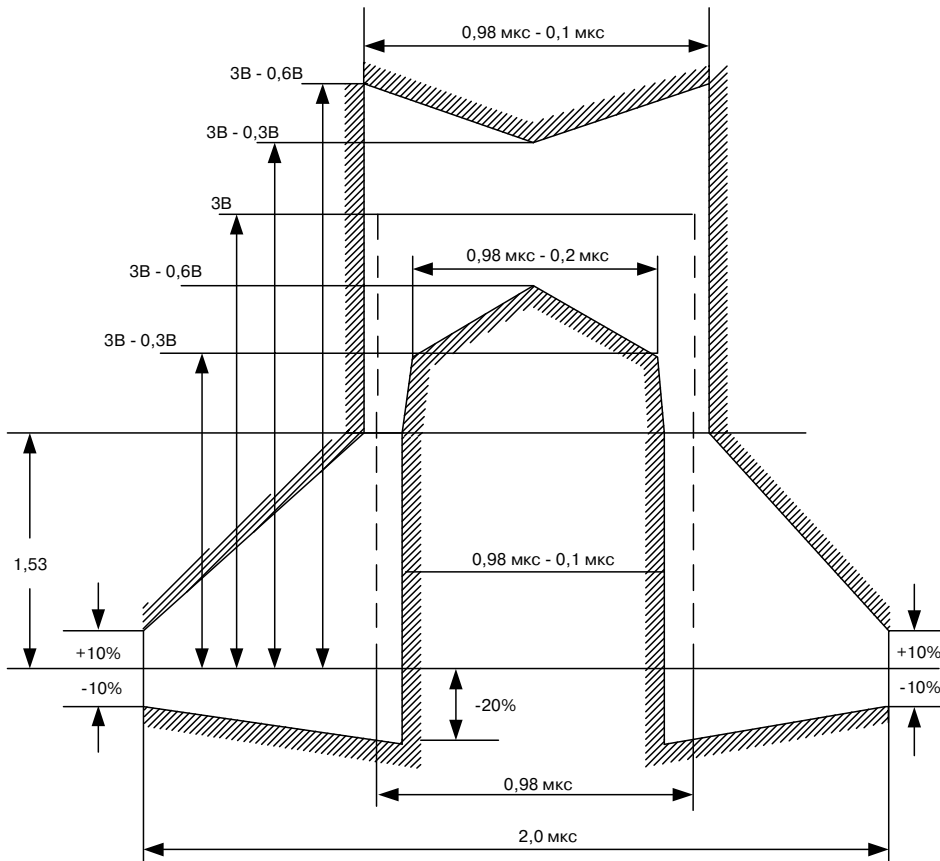


Рис. 3.3 Параметры цифрового сигнала (скорость передачи 1024 Кбит/с) на входе и выходе линейного тракта

3.2 Линейная сигнализация ГТС. Местный вызов

На рисунке 3.4 представлена структура SDL-системы обработки протокола сигнализации по двум ВСК в однонаправленных цифровых соединительных линиях с разделенными местным и междугородным пучками в городских телефонных сетях. Система состоит из блоков: исходящий вызов ОТЛОС, входящий местный вызов ИНЛОС и входящий междугородный вызов ИНТОЛ. Первые два блока рассмотрены в данном параграфе, а блок обработки входящих междугородных вызовов ИНТОЛ описан в следующем параграфе этой же главы. При-