

Перевод ITU-T V.36

Версия 2

Контроль версий

Версия	Дата	Изменения
1	октябрь 2015	Первая версия
2	июнь 2018	Исправлены ошибки в разделах 5 и 13. Уточнены названия цепей в табл. 1. Добавлены примечания переводчика. В целом по тексту изменены некоторые формулировки и внесены различные небольшие исправления.

Будьте осторожны, это любительский перевод ! Связь по почте TiuTa sbk mail tck ru



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ
СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

V.36

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

**МОДЕМЫ ДЛЯ СИНХРОННОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО
ПЕРВИЧНОМУ ГРУППОВОМУ КАНАЛУ (В ДИАПАЗОНЕ
ЧАСТОТ 60–108 кГц)**

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-Т V.36

(выдержка из Голубой книги)

Примечания

1. Рекомендация МСЭ-Т V.36 опубликована в Голубой книге (выпуск VIII.1). Приведённый ниже текст является выдержкой из этой книги. Несмотря на то, что изложение и компоновка текста могут незначительно отличаться от Голубой книги, содержимое документа идентично книге и на него распространяются те же авторские права (см. ниже).
2. В данной рекомендации термин «администрация» используется для краткого обозначения как персонала, отвечающего за работу телекоммуникационной сети, так и общепризнанного органа власти.

© МСЭ 1988, 1993

Все права сохранены. Запрещается воспроизведение или использование любой части данного документа в любой форме или любым способом, электронным или машинным, включая фотокопирование и микрофильмирование, без письменного разрешения МСЭ.

Модемы для синхронной¹ передачи данных по первичному групповому каналу² (в диапазоне частот 60–108 кГц)

Женева, 1976 год. С изменениями от 1980 (Женева), 1984 (Малага-Торремолинос) и 1988 (Мельбурн).

На арендованных линиях связи помимо существующих модемов будут использоваться новые модемы, возможности которых будут соответствовать требованиям администраций и абонентов. Данная рекомендация не накладывает ограничений на использование каких бы то ни было модемов.

Модем, соответствующий данной рекомендации, может использовать в качестве группового контрольного сигнала³ только сигнал с частотой 104,08 кГц.

1. Варианты использования

Модемы, соответствующие данной рекомендации, должны допускать следующие варианты использования:

- А) передача данных между абонентами по арендованным линиям связи
- Б) передача (в сетях общего пользования) последовательностей бит, формируемых путём мультиплексирования данных, поступающих от различных источников
- В) продление ИКМ-канала со скоростью 64 кбит/с с помощью аналоговых средств
- Г) передача общеканальной сигнализации в телефонных сетях и/или сетях передачи данных общего пользования
- Д) организация наземного продления выделенных спутниковых каналов (SCPC) от земной станции спутниковой связи до абонента
- Е) передача последовательностей бит, формируемых путём мультиплексирования телеграфных и уведомительных сигналов

¹ Имеется в виду синхронизм между передатчиком и приёмником данных. Без синхронизма передача данных невозможна в принципе. Поэтому важен не сам факт синхронизма, а длительность нахождения передатчика и приёмника в этом режиме. Здесь и далее по тексту рекомендации использование слова "синхронный" означает, что передатчик и приёмник находятся в синхронном режиме постоянно. То есть передача данных ведётся непрерывно, а не в старт-стопном (пакетном) режиме.

В случае дуплексного канала, необходимо рассматривать два направления передачи: прямое и обратное. Синхронная работа передатчика и приёмника прямого направления и синхронная работа передатчика и приёмника обратного направления не подразумевает взаимосвязи между прямым и обратным направлениями передачи данных. Скорость передачи данных в прямом направлении может не совпадать со скоростью передачи данных в обратном направлении (при этом скорости должны находиться в пределах установленного допуска). Также возможно совпадение скоростей, но наличие смещения по фазе между сигналами прямого и обратного направлений (т. е. несовпадение границ битовых интервалов) – прим. пер.

² Аналоговый канал, предназначенный для одновременной передачи нескольких голосовых каналов, называется групповым. Одновременность передачи достигается за счёт частотного разделения каналов. Каждый голосовой канал (вместе с защитными межканальными промежутками) занимает в групповом канале полосу частот шириной 4 кГц.

Применение групповых каналов позволяет упростить аппаратную часть аналоговых систем передачи за счёт сокращения количества усилителей (один усилитель группового канала производит усиление сразу нескольких голосовых каналов). Стандартизация параметров групповых каналов позволяет обеспечить совместимость различных аналоговых систем передачи.

Стандартные групповые каналы образуют многоуровневую иерархию. Групповые каналы разных уровней отличаются количеством передаваемых голосовых каналов и, соответственно, шириной полосы частот. Наименьшее количество голосовых каналов передаёт групповой канал первого уровня (его также называют первичным групповым каналом). Он обеспечивает передачу диапазона частот 60-108 кГц, что соответствует 12-ти голосовым каналам.

Помимо передачи голосовых каналов групповые каналы могут использоваться для передачи любого сигнала, чья полоса частот не выходит за границы полосы частот группового канала – прим. пер.

³ Групповой контрольный сигнал – это синусоидальный сигнал, использующийся аналоговой системой передачи для оценки искажений, воздействующих на групповой канал в целом. К стабильности частоты и амплитуды генераторов контрольных сигналов предъявляются повышенные требования. Контрольный сигнал используется для коррекции амплитудно- и фазо-частотной характеристик системы передачи – прим. пер.

Основные параметры, рекомендуемые для дуплексной синхронной передачи данных, приведены в следующем разделе.

2. Скорость передачи данных

2.1 Вариант А

Для межгосударственной передачи данных рекомендуется синхронная передача со скоростью (равной скорости передачи данных абонента) 48 кбит/с. Для некоторых внутригосударственных областей применений или в случае двустороннего соглашения между администрациями допускаются скорости 56, 64 и 72 кбит/с.

2.2 Варианты Б, В и Г

Для данных вариантов рекомендуется синхронная передача данных со скоростью 64 кбит/с.

В некоторых синхронных сетях помимо передачи данных со скоростью 64 кбит/с и передачи сигнала тактирования с частотой 64 кГц требуется сквозная передача сигнала тактирования с частотой 8 кГц⁴. Для передачи этого сигнала предлагается добавить перед каждым октетом данных абонента служебный бит Е и использовать для передачи получившейся последовательности бит скорость 72 кбит/с. Биты Е используются для разделения октетов данных абонента, а также для передачи служебных данных. Значения битов Е⁵ приведены на рис. 1 (символом «Н» обозначены биты, предназначенные для передачи служебных данных).

...1 [октет] 0 [октет] Н [октет] 1 [октет] 0 [октет] Н [октет] ...

Рис. 1

Использование бита Н определяется двусторонним соглашением между администрациями. Если этот бит не используется, то он должен быть равен единице.

Служебные биты должны быть выявлены принимающим устройством. Методика поиска служебных бит данной рекомендацией не регламентируется.

В случае отсутствия необходимости в передаче сигнала тактирования с частотой 8 кГц, разрешается использовать скорость передачи данных 64 кбит/с.

2.3 Вариант Д

Для межгосударственной передачи данных рекомендуется синхронная передача со скоростью (равной скорости передачи данных абонента) 48 кбит/с. Для некоторых внутригосударственных областей применений или в случае двустороннего соглашения между администрациями допускается скорость 56 кбит/с.

2.4 Вариант Е

Рекомендуется синхронная передача данных со скоростью 64 кбит/с.

2.5 Допустимое отклонение всех указанных выше скоростей передачи данных составляет $\pm 5 \times 10^{-5}$ бит/с.

Примечание: в эксплуатации находится различное оборудование, которое корректно работает только при допуске на скорость передачи данных равном ± 1 бит/с.

⁴ Сигнал тактирования с частотой 8 кГц используется для разделения последовательности бит на октеты. Значимый момент этого сигнала должен совпадать с границей между октетами. Поэтому в общем случае этот сигнал нельзя получить из сигнала с частотой 64 кГц простым делением частоты – прим. пер.

⁵ При передаче данных со скоростью 72 кбит/с частота следования бита Е составляет 8 кГц, а его положение между октетами данных абонента позволяет определить фазу сигнала тактирования. Синхронизация по биту Е позволяет выделить сигнал тактирования с частотой 8 кГц из принимаемых данных – прим. пер.

3. Скремблер и дескремблер

Для того чтобы не допустить в канале спектральных составляющих с большой амплитудой, перед передачей данные следует преобразовать в последовательность бит, в которой единицы и нули распределены равномерно. Для этого передаваемые данные следует скремблировать в соответствии с логической схемой, приведённой в дополнении I. Соответственно принимаемые данные необходимо дескремблировать.

4. Эквивалентный немодулированный сигнал

Помимо способа, описанного в пункте 5.2, немодулированный линейный сигнал данных может быть сформирован с помощью кодирования с частичным откликом. Для этого часто используется один из вариантов такого кодирования известный как «тип 4». В данном варианте кодирования импульсная характеристика $g(t)$ и частотная характеристика $G(f)$ оконечного фильтра⁶, с выхода которого снимается немодулированный сигнал, описываются выражениями:

$$g(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\sin \frac{\pi}{T} t}{\left(\frac{t}{T}\right)^2 - 1}$$

$$G(f) = \begin{cases} 2Tj \sin(2\pi T f), & |f| \leq \frac{1}{2T} \\ 0 & , |f| > \frac{1}{2T} \end{cases}$$

Через $1/T$ обозначена скорость передачи данных.

Формирование эквивалентного немодулированного сигнала следует выполнять таким образом, чтобы его декодирование могло быть произведено с помощью двухполупериодного выпрямления.

Упоминание немодулированного сигнала не накладывает ограничений на реализацию внутренних операций модема. Модем может быть устроен таким образом, что цифровой сигнал на входе и выходе модема конвертируется в линейный сигнал и из линейного сигнала фактически без образования немодулированного сигнала.

⁶ Кодирование с частичным откликом также называют кодированием с парциальным откликом или дуобинарным кодированием. Основная идея данного метода кодирования заключается в увеличении скорости передачи данных за счёт допущения в сигнале некоторой межсимвольной интерференции. При кодировании с частичным откликом преобразование бит данных в аналоговый сигнал выполняется следующим образом: биты данных подаются на вход цифрового фильтра, после фильтра происходит цифро-аналоговое преобразование, после которого сигнал поступает на вход аналогового фильтра. Для кодирования типа 4 применяется цифровой фильтр, описываемый выражением $y_i = x_i + x_{i-2}$, где y – последовательность значений на выходе фильтра, а x – входная последовательность бит. Каждый элемент y_i последовательности значений на выходе цифрового фильтра может принимать одно из трёх значений: 0, 1 или 2. Соответственно после цифро-аналогового преобразования будет получен 3-уровневый сигнал.

Параметры аналогового фильтра описываются импульсной характеристикой фильтра (импульсным откликом) $g(t)$ и его частотной характеристикой (спектром импульсного отклика) $G(f)$. Причём в выражении $g(t)$, судя по всему, допущена ошибка. Частотной характеристике $G(f)$, приведённой в тексте рекомендации, соответствует так называемый модифицированный дуобинарный импульс. Форма этого импульса описывается функцией $f = \text{sinc}(\pi(t + T)/T) - \text{sinc}(\pi(t - T)/T)$, где $\text{sinc}(x) = \sin(x)/x$. Функция f определена для всех t и является ограниченной, в то время как функция $g(t)$, приведённая в тексте рекомендации, не определена при $t = T$, а также стремится к бесконечности при $t \rightarrow T$. Судя по всему, в знаменателе функции $g(t)$ должен стоять знак плюс, а не минус – прим. пер.

5. Сигнал данных в диапазоне частот 60–108 кГц (на линейном выходе⁷ модема)

5.1 Сигнал данных, поступающий в линию, должен формироваться с помощью амплитудной модуляции с одной боковой полосой. Частота несущего сигнала должна составлять $100 \text{ кГц} \pm 2 \text{ Гц}$ (сам несущий сигнал должен быть подавлен).

5.2 Соответствие между двоичными сигналами на выходе реального или гипотетического скремблера и сигналами, передаваемыми в линию, установлено в рекомендации V.1 (в части, относящейся к амплитудной модуляции). Двоичной единице соответствует наличие тонального модулирующего сигнала, а двоичному нулю – отсутствие модулирующего сигнала. С точки зрения практики это означает, что наличие или отсутствие напряжения в демодулированном и подвергшимся двухполупериодному выпрямлению линейном сигнале будет соответствовать появлению на выходе скремблера двоичной единицы или двоичного нуля соответственно.

5.3 Теоретический амплитудный спектр сигнала данных, соответствующий появлению на выходе скремблера двоичной единицы, имеет вид полуволны синусоиды. Частоты, соответствующие максимальному и двум нулевым значениям спектра, приведены в таблице ниже.

Скорость передачи данных, кбит/с	Нулевые значения на частотах, кГц	Максимум на частоте, кГц
64	68 и 100	84
48	76 и 100	88
56	72 и 100	86
72	64 и 100	82

5.4 Амплитудные искажения фактического спектра относительно теоретического спектра, описанного в пункте 5.3, не должны превышать $\pm 1 \text{ дБ}$. Неравномерность группового времени прохождения не должна превышать 8 мкс. Измерение этих двух параметров следует производить в полосе частот, ширина которой составляет 80 % от ширины теоретического спектра сигнала, а середина совпадает с максимумом теоретического спектра.

5.5 Номинальный уровень сигнала данных составляет минус 6 дБм0. Фактический уровень должен находиться в пределах $\pm 1 \text{ дБ}$ от номинального уровня.

5.6 В состав линейного сигнала следует ввести опорный сигнал⁸ с частотой, совпадающей с частотой несущего сигнала, модулируемого передатчиком. Уровень опорного сигнала должен составлять $\text{минус } 9 \pm 0,5 \text{ дБ}$ относительно фактического уровня сигнала данных, указанного в пункте 5.5. Фазовый сдвиг между несущим сигналом, модулируемым передатчиком, и опорным сигналом должен быть постоянным.

6. Групповой контрольный сигнал

6.1 Следует принять меры для упрощения введения в модем группового контрольного сигнала с частотой 104,08 кГц от источника, являющегося внешним по отношению к модему.

6.2 Групповой контрольный сигнал должен быть защищён в соответствии с рекомендацией H.52 [1].

⁷ В данной рекомендации приведены требования к модемам, предназначенным для передачи цифровых данных по аналоговым каналам (в частности через аналоговую телефонную сеть). В разделе 5 приведены требования к аналоговому интерфейсу модема. Массовый переход телефонных сетей на цифровой способ передачи сигналов привёл к прекращению предоставления абонентам аналоговых групповых каналов. Поэтому в настоящее время модемы, описанные в данной рекомендации, практически не используются. Однако цифровой интерфейс модема, описанный в разделе 10, всё ещё используется. Причём используются скорости существенно большие приведённых в данной рекомендации – прим. пер.

⁸ Опорный сигнал используется синхронными демодуляторами для определения фактической (не номинальной, а именно фактической) частоты несущего сигнала. Однако существуют и другие типы демодуляторов, не использующие данный сигнал – прим. пер.

7. Голосовой канал

7.1 Служебный голосовой канал является неотъемлемой частью вариантов использования А и Д. Использование голосового канала не является обязательным. Канал занимает полосу частот 104–108 кГц (виртуальная несущая на частоте 108 кГц) и соответствует первому каналу первичной 12-канальной группы, формирующейся с помощью амплитудной модуляции с одной боковой полосой⁹. По этому каналу может передаваться непрерывный голосовой сигнал с наибольшим средним уровнем минус 15 дБм0, а также тональные посылки (в соответствии с отдельным соглашением).

Чтобы избежать перегрузки канала сигналами с высоким уровнем, следует использовать ограничитель, не допускающий превышения сигналами уровня 3 дБм0.

Чтобы избежать проблем со стабильностью работы канала, сопряжение голосового интерфейса модема с любым другим оборудованием следует выполнять только по 4-проводной схеме.

При использовании ручной сигнализации оператор-оператор следует использовать параметры, приведённые в рекомендации Q.1 [2]. Но вместо прерывистого сигнала с частотой 500 Гц (частота прерываний 20 Гц) следует использовать непрерывный сигнал с частотой 2280 Гц и уровнем минус 10 дБм0.

В случае необходимости применения более сложной системы сигнализации (например, в варианте использования Д), рекомендуется использовать внутрисполосную сигнализацию R1 (Q.322 [3], Q.323 [4]) или R2 (Q.454 [5], Q.455 [6]).

Перед тем как войти в состав группового канала голосовой канал должен подвергнуться фильтрации. Фильтр должен быть таким, что любые частоты с уровнем минус 15 дБм0, приходящие на входные контакты голосового интерфейса модема, не вызывали превышения уровня:

- а) минус 73 дБм0_{псэф} в смежном групповом канале¹⁰
- б) минус 61 дБм0 в окрестности (± 25 Гц) группового контрольного сигнала 104,08 кГц
- в) минус 55 дБм0 в полосе частот 64–101 кГц, в которой передаются данные
- г) значений, установленных в рекомендации Q.414 [7] для защиты внутриканальной сигнализации с низким уровнем.

Голосовой канал значительно защищён, если такой же фильтр используется при выделении голосового канала из группового канала.

Зависимость затухания от частоты, измеряемая между входом голосового канала в модем и выходом группового канала из модема, а также измеряемая между входом группового канала в модем и выходом голосового канала из модема, по отношению к значению на частоте 800 Гц должна быть ограничена уровнем 2 дБ в полосе частот 540–2280 Гц и уровнем минус 1 дБ за пределами полосы 300–3400 Гц¹¹.

7.2 Голосовой канал не используется в вариантах применения Б, В, Г и Е. Он используется на необязательной основе в вариантах А и Д.

Примечание: если модем установлен в усилительном пункте, то голосовой канал следует продлить до помещения абонента.

⁹ Итоговое распределение частот группового канала:

- 60–64 кГц - свободно
- 64–100 кГц – данные (начальная граница диапазона зависит от скорости передачи данных)
- 100 кГц – опорный сигнал с частотой несущей
- 100–104 кГц - свободно
- 104–108 кГц – голосовой канал и групповой контрольный сигнал с частотой 104,08 кГц

Положение виртуальной несущей голосового канала на частоте 108 кГц означает, что спектр голосового канала инвертирован. Для передачи голосового сигнала используются частоты от 108 – 3,4 кГц до 108 – 0,3 кГц, т. е. от 104,6 до 107,7 кГц. Групповой контрольный сигнал передаётся вне полосы голосовых частот – прим. пер.

¹⁰ Голосовой канал расположен на краю частотного диапазона первичного группового канала. Имеется в виду смежный групповой канал, расположенный выше по частоте – прим. пер.

¹¹ Точнее, не должна превышать 2 дБ в полосе частот 540–2280 Гц и не должна быть ниже минус 1 дБ за пределами полосы 300–340 Гц – прим. пер.

8. Межканальные помехи

В диапазонах 36–60 кГц и 108–132 кГц помехи от смежных групповых каналов не должны превышать значений, приведённых в рекомендации Н.52 [1].

9. Параметры группового канала

Соответствие группового канала документу [8] гарантирует удовлетворительную работу модема на скоростях от 48 до 64 кбит/с.

Однако при скорости 72 кбит/с, либо при использовании группового канала, образованного более чем тремя различными аналоговыми системами передачи, параметры, приведённые в документе [8], перестают быть адекватным средством оценки канала. В этих случаях, соответствие группового канала документу [8] не гарантирует удовлетворительное функционирование модема. В то же время несоответствие документу [8] предполагает неудовлетворительную работу.

В приложении А приведён метод оценки группового канала, применимый при любых скоростях передачи данных.

Если модем оснащён автоматически подстраивающимся эквалайзером, а линия имеет такую же структуру, как и описанная в [9] гипотетическая эталонная линия, то удовлетворительная работа модема на этой линии возможна на скорости до 64 кбит/с.

Примечание 1: в [9] максимальное количество транзитных групповых фильтров¹² установлено равным 8, но эта цифра является предметом будущих исследований и возможных корректировок.

Примечание 2: работа модема на скорости 72 кбит/с допустима только по каналу, в котором находится не более 5 транзитных групповых фильтров. Это значение не будет пересматриваться в будущем.

10. Цифровой интерфейс

10.1 Интерфейс для вариантов использования А, Д и Е, приведённых в разделе 1.

10.1.1 Список цепей приведён в таблице 1.

¹² Групповой фильтр – это полосовой фильтр, пропускающий частоты, относящиеся к определённому групповому каналу, и подавляющий все остальные частоты. Групповой фильтр называется транзитным в случае его применения при переприёме группового канала между различными системами передачи – прим. пер.

Таблица 1.

Цепь (см. примечание 1)		Примечание
102	Сигнальная земля или общий обратный провод	см. примечание 2
102a	Общий обратный провод DTE-устройства	см. примечание 3
102b	Общий обратный провод DCE-устройства	см. примечание 3
103	Передаваемые данные ¹³	
104	Принимаемые данные	
105	Запрос на передачу	
106	Готовность к передаче	
107	Готовность к работе	
109	Детектор наличия в линии сигнала данных	
113	Сигнал тактирования передаваемых данных ¹⁴ (передатчиком тактового сигнала является DTE-устройство)	
114	Сигнал тактирования передаваемых данных ¹⁵ (передатчиком тактового сигнала является DCE-устройство)	
115	Сигнал тактирования принимаемых данных ¹⁶ (передатчиком тактового сигнала является DCE-устройство)	
140	Установка шлейфа или переход в режим эксплуатационной проверки	см. примечание 2
141	Установка локального шлейфа	см. примечание 2
142	Указатель типа проверки	см. примечание 2

¹³ Необходимо помнить, что в интерфейсах V.35, V.36 и V.37 при подключении DTE-устройства к DCE-устройству всегда соединяются одноимённые цепи (т. е. цепи с одинаковыми номерами). Цепь, используемая DTE-устройством для передачи, используется DCE-устройством для приёма, и наоборот.

Цепь 103 используется для передачи данных от DTE-устройства к DCE-устройству. Цепь 104 используется для передачи данных от DCE-устройства к DTE-устройству. Т. е. DTE-устройство использует цепь 103 для передачи данных, а цепь 104 для приёма. А DCE-устройство, наоборот, использует цепь 103 для приёма данных, а цепь 104 для передачи. Назначение цепей, а также направления передачи сигналов подробно описаны в рекомендации V.24 – прим. пер.

¹⁴ То есть сигнал тактирования данных, передаваемых по цепи 103 – прим. пер.

¹⁵ То есть сигнал тактирования данных, передаваемых по цепи 103.

В интерфейсе V.36 для тактирования данных, передаваемых по цепи 103, может использоваться либо цепь 113, либо цепь 114. В сонаправленном режиме используется цепь 113. В противоположном режиме используется цепь 114. В интерфейсе V.35 цепь 113 отсутствует, поэтому он может работать только в противоположном режиме. Подробнее о сонаправленном и противоположном режимах см. рекомендацию G.703.

Ещё одним следствием отсутствия в интерфейсе V.35 цепи 113 является невозможность передачи данных между однотипными устройствами (DTE – DTE и DCE – DCE). Интерфейс V.36 допускает передачу данных между однотипными устройствами, но только в сонаправленном режиме – прим. пер.

¹⁶ То есть сигнал тактирования данных, передаваемых по цепи 104.

Номинальная скорость и допуск определяют диапазон, в пределах которого может изменяться фактическая скорость передачи данных. Поскольку интерфейс V.36 является дуплексным необходимо рассматривать два направления передачи данных: прямое и обратное. В общем случае скорость передачи данных в прямом направлении может отличаться от скорости передачи данных в обратном направлении (при этом скорости должны находиться в пределах установленного допуска). Т. е. сигнал тактирования, передаваемый по цепи 115, в общем случае асинхронен по отношению к сигналу тактирования, передаваемому по цепи 113 или 114.

Однако наиболее часто используется режим работы, в котором в обоих направлениях передача данных ведётся на одинаковых скоростях, а границы битовых интервалов сигналов данных обоих направлений совпадают. В этом режиме сигнал тактирования, передаваемый по цепи 115, синхронен по отношению к сигналу тактирования, передаваемому по цепи 113 или 114.

Самыми важными параметрами любого сигнала тактирования являются частота и фаза. У синхронных сигналов эти параметры совпадают, поэтому синхронные сигналы тактирования можно рассматривать как взаимозаменяемые.

Взаимозаменяемость сигналов означает, что вместо передачи двух разных, но синхронных сигналов тактирования, можно передавать один и тот же сигнал. Поэтому некоторые модели DCE-устройств в противоположном режиме передают по цепям 114 и 115 один и тот же сигнал.

Также взаимозаменяемость означает, что вместо приёма двух разных, но синхронных сигналов тактирования, можно принимать только один из них. Поэтому некоторые модели DTE-устройств в противоположном режиме из двух синхронных сигналов тактирования, поступающих по цепям 114 и 115, принимают только один. Особенностью данного схемотехнического решения является возможность передачи данных в обоих направлениях при обрыве одной из цепей тактирования (сигнал которой не принимается DTE-устройством) – прим. пер.

Примечание 1: если модем установлен в усилительном пункте, то этот интерфейс должен быть предоставлен в помещении абонента без ограничения скорости передачи данных и без ограничений на использование голосового канала. Способы достижения этих требований регулируются внутригосударственными правилами.

Примечание 2: в эксплуатации может находиться оборудование, которое не имеет данных цепей.

Примечание 3: цепи 102a и 102b требуются в случае использования электрических параметров, приведённых в рекомендации V.10.

10.1.2 Электрические параметры

Рекомендуется использовать электрические параметры, приведённые в рекомендациях V.10 и/или V.11¹⁷, а также использовать разъём и назначение его контактов, описанные в ISO 4902.

В цепях 103, 104, 113, 114 и 115 передатчики и приёмники должны соответствовать рекомендации V.11.

В цепях 105, 106, 107 и 109 передатчики должны соответствовать рекомендации V.10 или V.11. Приёмники должны соответствовать рекомендации V.10 (категория 1) или рекомендации V.11 (без терминирования).

Во всех остальных цепях передатчики и приёмники должны соответствовать рекомендации V.10, причём приёмники должны соответствовать категории 2 этой рекомендации.

Примечание: во время переходного периода разрешается использовать на необязательной основе так называемый «интерфейс V.35», разъём и назначение контактов которого описаны в ISO 2593. В этом случае электрические параметры цепей 103, 104, 113, 114 и 115 должны соответствовать рекомендации V.11, а параметры остальных цепей должны соответствовать рекомендации V.10 (приёмники должны соответствовать категории 2). Либо электрические параметры цепей 103, 104, 113, 114 и 115 должны соответствовать рекомендации V.35 (дополнение II), а параметры остальных цепей должны соответствовать рекомендации V.28.

10.2 Интерфейс для вариантов использования Б, В и Г, приведённых в разделе 1

Для вариантов Б, В и Г следует использовать интерфейс, со скоростью 64 кбит/с, функциональные требования к которому приведены по ссылке [10]. В этом случае следует использовать электрические параметры приведённые по ссылке [11].

Если сквозная передача сигнала тактирования с частотой 8 кГц не требуется, данный сигнал не будет ни передаваться¹⁸, ни приниматься интерфейсом модема.

Для вариантов Б, В и Г в качестве альтернативы разрешается применять интерфейс, описанный в пункте 10.1.

11. Уровни переключения и время отклика цепи 109

11.1 Уровни переключения

При уровне линейного сигнала данных более минус 13 дБм0 цепь 109 должна находиться в состоянии «включено»¹⁹. При уровне линейного сигнала данных менее минус 18 дБм0 цепь 109 должна находиться в состоянии «выключено».

Примечание: соответствующие уровни для опорного сигнала, частота которого совпадает с частотой несущей, равны минус 22 дБм0 и минус 27 дБм0 соответственно.

Состояние цепи 109 для уровней, находящихся между указанными выше, может быть различным, поскольку действие детектора должно характеризоваться петлёй гистерезиса. Переход из состояния «выключено» в состояние «включено» должен происходить при уровне по крайней мере на 2 дБ большем, чем при переходе из состояния «включено» в состояние «выключено». Для

¹⁷ В рекомендации V.10 приведены параметры несимметричных цепей, а в рекомендации V.11 – параметры симметричных цепей (дифференциальных пар) – прим. пер.

¹⁸ В интерфейсе, описанном по ссылке [10], передача сигнала тактирования с частотой 8 кГц осуществляется инвертированием полярности некоторых электрических импульсов. Прекращение передачи сигнала тактирования осуществляется передачей импульсов без изменения их полярности – прим. пер.

¹⁹ Состояния «включено» и «выключено» являются аналогами логической единицы и логического нуля. Эти состояния определяются напряжением между определёнными точками цепи. Однако для симметричных и несимметричных цепей напряжения и точки измерения являются разными. Подробнее см. в рекомендациях V.10, V.11, V.28 – прим. пер.

измерения пороговых уровней детектора необходимо использовать модулированный сигнал данных совместно с опорным сигналом, уровень которого указан в пункте 5.6.

11.2 Время отклика

Переход из состояния «выключено» в состояние «включено» должен происходить за 15–150 мс. Переход из состояния «включено» в состояние «выключено» должен происходить за 5–15 мс.

Временами отклика цепи 109 являются интервалы времени между появлением или пропаданием линейного сигнала на входных контактах модема и перехода цепи 109 в состояние «включено» или «выключено» соответственно. Уровень линейного сигнала, принимаемого модемом, должен быть в промежутке между значением, превышающим текущий порог детектора на 3 дБ, и максимально допустимым уровнем сигнала.

12. Ошибки

12.1 Для гипотетической эталонной линии связи длиной 2500 км, соответствующей рекомендации Н.14 [8], и включающей в себя не более двух переприёмов между различными аналоговыми системами передачи, коэффициент ошибок должен быть не хуже чем 1 ошибка на 10^7 переданных бит. Это значение основано на предположении о действии на полосу частот шириной 4 кГц гауссова шума с психометрически взвешенной мощностью 4 пВт/км. Эта цифра соответствует $4 \text{ пВт}_{\text{психоф}}/\text{км}$.

13. Дополнительная информация для разработчиков

13.1 Изменение уровня линейного сигнала, принимаемого модемом

В нормальных условиях резкое изменение уровня принимаемого сигнала не превышает $\pm 0,1$ дБ. Плавное изменение уровня принимаемого сигнала не превышает ± 6 дБ (в этой величине учтено допустимое отклонение выходного уровня передатчика).

13.2 Помехи от соседних групповых каналов

На вход приёмника совместно с линейным сигналом может поступить синусоидальный сигнал с уровнем 10 дБм0, частота которого может находиться в диапазонах 36–60 кГц и 108–132 кГц.

Приложение А

Параметры группового канала

Удовлетворительная работа модема гарантируется в случае соответствия параметров группового канала следующему условию:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{c^2}{a^2 + b^2} - \frac{1}{2}} < 0,08$$

где

$$a = \frac{2}{T} \int_{f_1 - \frac{1}{2T}}^{f_1} |G(f)|^2 \cdot |H(f)| \cos[\theta(f) + 2\pi f \tilde{\tau}] df$$

$$b = \frac{2}{T} \int_{f_1 - \frac{1}{2T}}^{f_1} |G(f)|^2 \cdot |H(f)| \sin[\theta(f) + 2\pi f \tilde{\tau}] df$$

$$c^2 = \frac{2}{T} \int_{f_1 - \frac{1}{2T}}^{f_1} |G(f)|^2 \cdot |H(f)|^2 df$$

$|H(f)|$ амплитудно-частотная характеристика канала

$\theta(f)$ фазо-частотная характеристика канала

$G(f)$ частотный спектр передаваемого сигнала равный $2jT \sin(2\pi(f_1 - f)T)$

$\tilde{\tau}$ символ, представляющий постоянное время задержки, которое должно быть выбрано таким образом, чтобы минимизировать ε

f_1 100 кГц

Дополнение I

Операция скремблирования

I.1 Определения

I.1.1 Входной бит данных

Бит данных, поданный на вход скремблера, но не приведший (на момент обсуждения) к появлению нового значения на выходе скремблера.

I.1.2 Скремблированный бит

Бит, являющийся результатом скремблирования входного бита.

I.1.3 Выходные биты

Биты, которые были переданы на выход скремблера ранее скремблированного бита. Они нумеруются последовательно в порядке, обратном времени их появления. Т. е. в последовательности бит на выходе скремблера скремблированный бит и первый выходной бит будут расположены рядом.

I.1.4 Нежелательная последовательность

Любая из определённых периодических последовательностей бит, присутствующая в выходных битах.

I.2 Операция скремблирования

До тех пор, пока на выходе скремблера не появится нежелательная последовательность, значение скремблированного бита должно быть таким, чтобы в наборе бит, состоящем из скремблированного бита, входного бита, а также 20-го и 3-го выходных бит, количество единиц было нечётным²⁰. При появлении на выходе скремблера нежелательной последовательности скремблированный бит должен быть таким, чтобы в этом наборе было чётное число единиц вместо нечётного²¹.

Последовательность бит на выходе скремблера является нежелательной, только если для всех целых p от 1 до q включительно двоичные значения p -го и $(p + 8)$ -го выходных бит совпадают. Значение q должно иметь вид $q = 31 + 32r$, где r может быть нулём или любым положительным целым. При p равном $q + 1$ значения p -го и $(p + 8)$ -го выходных бит должны быть различны.

До начала скремблирования, т. е. когда на выходе скремблера биты ещё отсутствуют, для представления выходных бит разрешается использовать произвольную 20-битную последовательность. Также в этот момент разрешается допустить, что для всех целых p от 1 до некоторого произвольного числа, значения p -го и $(p + 8)$ -го выходных бит совпадают.

До начала дескремблирования могут быть сделаны аналогичные допущения.

Примечание 1: из изложенного выше следует, что принятые данные будут дескремблированы правильно, только если корректно приняты 20 бит, а также в принятых данных есть хотя бы одна пара бит, разделённых семью другими битами, в которой значения бит различны²².

Примечание 2: невозможно предложить приемлемую последовательность бит данных для проверки работы детектора нежелательной последовательности (ASD). Это связано с тем, что на момент начала проверки в 20-битном сдвиговом регистре может находиться произвольная последовательность бит, и количество возможных последовательностей достаточно велико. Для модемов, допускающих отключение в скремблере и дескремблере детектора нежелательной

²⁰ Т. е. <скремблированный бит> = <входной бит> XNOR <3-й выходной бит> XNOR <20-й выходной бит>, где XNOR означает инвертированную операцию исключающего ИЛИ – прим. пер.

²¹ Т. е. <скремблированный бит> = <входной бит> XOR <3-й выходной бит> XOR <20-й выходной бит>, где XOR означает операцию исключающего ИЛИ – прим. пер.

²² На момент начала работы дескремблер может быть инициализирован произвольными числами. Т. е. сдвиговый регистр и двоичный счётчик, изображённые на рис. 2, могут хранить произвольные числа. Корректное дескремблирование данных возможно, только если содержимое сдвигового регистра и двоичного счётчика будет осмысленно. Требование безошибочного приёма 20-ти бит вытекает из необходимости заполнения осмысленными данными сдвигового регистра. Требование к наличию пары бит с различными значениями, вытекает из необходимости сброса двоичного счётчика (при обнаружении пары бит с различными значениями, произойдёт срабатывание источника импульса длительностью 150 нс, который установит разряды счётчика в начальное состояние) – прим. пер.

последовательности, а также допускающих использование скремблера в качестве дескремблера, разрешается использовать описанный ниже способ.

ASD скремблера отключается и на вход скремблера подаётся тестовая последовательность из одних единиц²³. Если ASD дескремблера работает правильно, то дескремблированная последовательность будет содержать одну ошибку на 32 бита. Таким образом, модем, работающий на скорости 48 кбит/с, за минуту зафиксирует 90000 ошибок. Это означает, что дескремблер работает правильно. Исправность ASD скремблера может быть проверена схожим образом. Скремблер переводится в режим дескремблера, а в дескремблере отключается детектор²⁴.

²³ Соответственно на выходе скремблера будет последовательность из одних нулей – прим. пер.

²⁴ Скремблер и дескремблер работают одинаково, т. е. при подаче на их входы одинаковой последовательности бит, на их выходах будут также одинаковые последовательности бит. Таким образом, смысл переключения скремблера в режим дескремблера, судя по всему, состоит во включении детектора. В результате скремблер с включенным детектором работает на дескремблере с выключенным детектором – прим. пер.

I.3 Рисунок 2 предназначен только для примера, поскольку при использовании других элементов данная логическая схема примет другой вид.

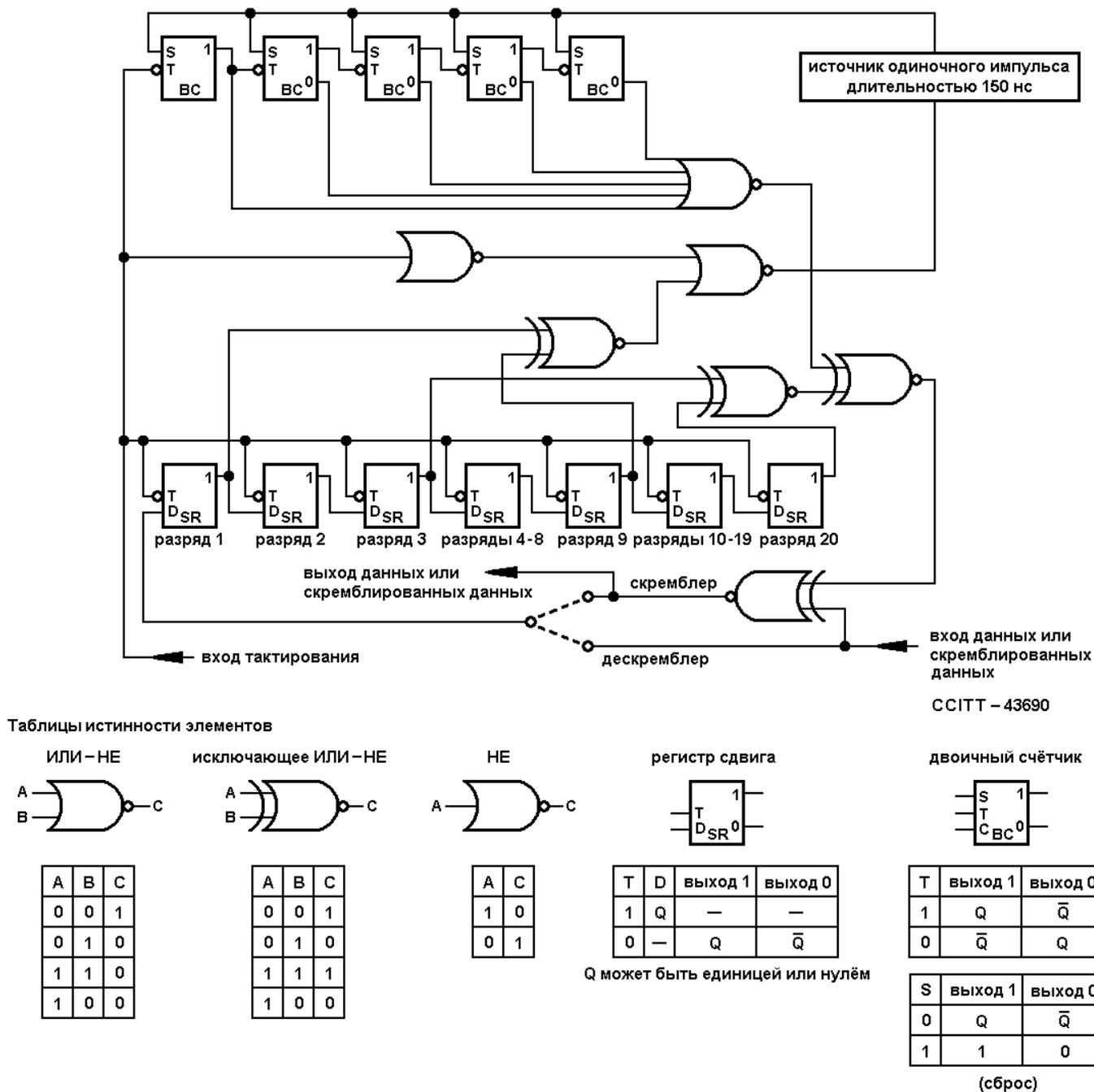


Рис. 2 – Пример схемы скремблера и дескремблера

Примечание: перемещение данных происходит по срезу тактирующего сигнала (т. е. при переходе из 1 в 0). Скремблер является самосинхронизирующимся.

Ссылки

- [1] Рекомендация ССИТТ «*Transmission of wide-spectrum signals (data, facsimile, etc.) on wideband group links*», том III, (рекомендация МСЭ-Т Н.52)
- [2] Рекомендация ССИТТ «*Signal receivers for manual working*», том VI, (рекомендация МСЭ-Т Q.1).
- [3] Рекомендация ССИТТ «*Multifrequency signal sender*», том VI, (рекомендация МСЭ-Т Q.322).
- [4] Рекомендация ССИТТ «*Multifrequency signal receiving equipment*», том VI, (рекомендация МСЭ-Т Q.323).
- [5] рекомендация ССИТТ «*The sending part of the multifrequency signalling equipment*», том VI, (рекомендация МСЭ-Т Q.454).
- [6] Рекомендация ССИТТ «*The receiving part of the multifrequency signalling equipment*», том VI, (рекомендация МСЭ-Т Q.455).
- [7] Рекомендация ССИТТ «*Signal sender*», том VI, (рекомендация МСЭ-Т Q.414).
- [8] Рекомендация ССИТТ «*Characteristics of group links for the transmission of wide-spectrum signals*», том III, (рекомендация МСЭ-Т Н.14, § 2).
- [9] Там же, § 3.
- [10] Рекомендация ССИТТ «*Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces*», том III, (рекомендация МСЭ-Т G.703, § 1).
- [11] Там же, § 1.2.