

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОЛЛЕДЖ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ**

Г.Н. ЕВСЕЕНКО

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Учебное пособие

для студентов по специальности

210404 «Многоканальные телекоммуникационные системы»

2005

**Рекомендовано к изданию Экспертным советом РКСИ
Протокол № 2 от 20.12.2004**

**Рецензент:
Преподаватель РКСИ
Забродин Р. А.**

Евсеенко Г. Н.

Е 25 Цифровые системы передачи: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: РКСИ, 2005. – 100 с.

В учебном пособии содержатся вопросы назначения и схем сетевого типового оборудования ЦСП, систем ИКМ-15/30, ИКМ-30/60 с АДИКМ 30х2; рассматриваются вопросы выбора пар кабеля при применении оборудования ADSL на сети абонентского доступа. В пособии рассмотрены нормы на электрические параметры основных цифровых каналов и трактов сетей связи РФ.

Учебное пособие предназначено для студентов заочных отделений, обучающихся по специальности 210404 «Многоканальные телекоммуникационные системы». Данное пособие позволит выполнить контрольную работу № 2 по дисциплине «Цифровые системы передачи»

Может быть использовано студентами по специальности 2004 «Сети связи и системы коммутации».

ББК 32.88я722

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	4
2 ИЕРАРХИИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	5
3 СЕТЕВОЕ ТИПОВОЕ КАНАЛООБРАЗУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ	13
4 МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ РДН (ПЦИ)	23
5 АППАРАТУРА ЦСП ИКМ-15/30М	45
6 СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30/60	54
7 ТЕХНОЛОГИЯ xDSL	61
8 НОРМЫ НА ИЗМЕРЕНИЯ В ЦСП И ВОСП	78
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	99

1 ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Основной тенденцией развития телекоммуникаций во всем мире является цифровизация сетей связи, предусматривающая построение сети на базе цифровых методов передачи и коммутации. Это объясняется следующими существенными преимуществами цифровых методов передачи перед аналоговыми:

Высокая помехоустойчивость. Представление информации в цифровой форме позволяет осуществлять регенерацию (восстановление) этих символов при передаче их по линии связи, что резко снижает влияние помех и искажений на качество передачи информации.

Слабая зависимость качества передачи от длины линии связи. В пределах каждого регенерационного участка искажения передаваемых сигналов оказываются ничтожными. Длина регенерационного участка и оборудование регенератора при передаче сигналов на большие расстояния остаются практически такими же, как и в случае передачи на малые расстояния. Так, при увеличении длины линии в 100 раз для сохранения неизменным качества передачи информации достаточно уменьшить длину регенерационного участка лишь на несколько процентов.

Стабильность параметров каналов ЦСП. Стабильность и идентичность параметров каналов (остаточного затухания, частотной и амплитудной характеристик и др.) определяются, в основном, устройствами обработки сигналов в аналоговой форме. Поскольку такие устройства составляют незначительную часть оборудования ЦСП, стабильность параметров каналов в таких системах значительно выше, чем в аналоговых. Этому также способствует отсутствие в ЦСП влияния загрузки системы на параметры отдельных каналов.

Эффективность использования пропускной способности каналов для передачи дискретных сигналов. При вводе дискретных сигналов непосредственно в групповой тракт ЦСП скорость их передачи может приближаться к скорости передачи группового сигнала. Если, например, при этом будут использоваться временные позиции, соответствующие только одному каналу ТЧ, то скорость передачи будет близка к 64 кбит/с, в то время как в аналоговых системах она обычно не превышает 33,6 кбит/с.

Возможность построения цифровой сети связи. Цифровые системы передачи в сочетании с цифровыми системами коммутации являются основой цифровой сети связи, в которой передача, транзит и коммутация сигналов осуществляются в цифровой форме. При этом параметры каналов практически не зависят от структуры сети, что обеспечивает возможность построения гибкой разветвленной сети, обладающей высокими показателями надежности и качества.

Высокие технико-экономические показатели. Передача и коммутация сигналов в цифровой форме позволяют реализовывать оборудование на единых аппаратных платформах. Это позволяет резко снижать трудоемкость изготовления оборудования, значительно снижать его стоимость, потребляемую энергию и габариты. Кроме того, существенно упрощается эксплуатация систем и повышается их надежность.

Требования к ЦСП определены в рекомендациях МСЭ-Т серий G. и M.

2 ИЕРАРХИИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Структура первичной сети предопределяет объединение и разделение потоков передаваемой информации, поэтому реализуемые на ней системы передачи строятся по иерархическому принципу. Применительно к цифровым системам этот принцип заключается в том, что число каналов ЦСП, соответствующее данной ступени иерархии, больше числа каналов ЦСП предыдущей ступени в целое число раз.

Аналоговые системы передачи с ЧРК также строятся по иерархическому принципу, но в отличие от ЦСП для них ступенями иерархии являются не сами системы передачи, а типовые группы каналов.

Цифровая система передачи, соответствующая первой ступени иерархии, называется *первичной*; в этой ЦСП осуществляется прямое преобразование относительно небольшого числа первичных сигналов в первичный цифровой поток. Системы передачи второй ступени иерархии объединяют определенное число первичных потоков во вторичный цифровой поток и т. д.

В рекомендациях МСЭ-Т представлено два типа иерархий ЦСП: *плезеохронная цифровая иерархия (ПЦИ)* и *синхронная цифровая иерархия (СЦИ)*. Первичным сигналом для всех типов ЦСП является цифровой канал со скоростью передачи 64 кбит/с, называемый *основным цифровым каналом (ОЦК)*. Для объединения сигналов ОЦК в групповые высокоскоростные цифровые сигналы используется принцип временного разделения каналов.

Появившаяся исторически первой плезеохронная цифровая иерархия имеет европейскую, североамериканскую и японскую разновидности, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Уровень иерархии	Европа		Северная Америка		Япония	
	Скорость, Мбит/с	Коэфф. мультиплекс.	Скорость, Мбит/с	Коэфф. мультиплекс.	Скорость, Мбит/с	Коэфф. мультиплекс.
0	0,064	–	0,064	–	0,064	–
1	2,048	30	1,544	24	1,544	24
2	8,448	4	6,312	4	6,312	4
3	34,368	4	44,736	7	32,064	5
4	139,264	4			97,728	3

Для цифровых потоков ПЦИ применяют соответствующие обозначения. Для североамериканской и японской ПЦИ применяется обозначение Т (иногда DS), для европейской ПЦИ – Е. Цифровые потоки первого уровня обозначаются соответственно Т-1 и Е-1, второго Т-2 и Е-2 и т. д.

К использованию на сетях связи РФ принята европейская ПЦИ.

2.1 Физический уровень Е1 (G.703)

Основным стыком, используемым для взаимного подключения блоков и систем ЦСП, является интерфейс по рекомендации G.703 МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.703 «Физические и электрические характеристики интерфейсов цифровой иерархии» впервые была опубликована в 1972, доработана в 1984 и опубликована в окончательной редакции в 1988 году.

Формально данный стандарт основан на следующих рекомендациях МСЭ-Т: G.702 «Скорости передачи цифровой иерархии» (ПЦИ); G.704 «Структура синхронных кадров, основанных на первичном и вторичном уровнях»; Интерфейс G.703 предназначен для обслуживания сетей с обеими цифровыми иерархиями – ПЦИ и СЦИ.

Физический уровень Е1 включает в себя описание электрических параметров интерфейсов Е1 и параметров сигналов передачи, включая структуру линейного кода.

2.2 Схема взаимодействия аппаратуры

Предусмотрены три схемы взаимодействия аппаратуры:

Сонаправленный интерфейс (СНИ) (codirectional interface). Информационный и синхросигнал передаются от одного терминала к другому, причем терминалы равноправны и симметричны (рисунок 1).

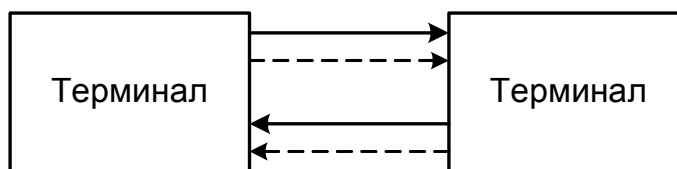


Рисунок 1

Разнонаправленный интерфейс (РНИ) (contradirectional interface). Терминалы неравноправны. Синхросигнал передается от управляющего к управляемому. Информационные сигналы симметричны (рисунок 2).

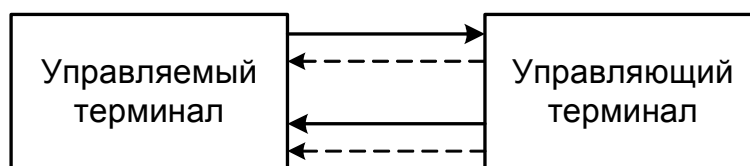


Рисунок 2

Интерфейс с центральным тактовым генератором (ЦГИ) (centralized clock interface). Синхросигналы поступают от центрального тактового генератора, информационные сигналы симметричны (рисунок 3).

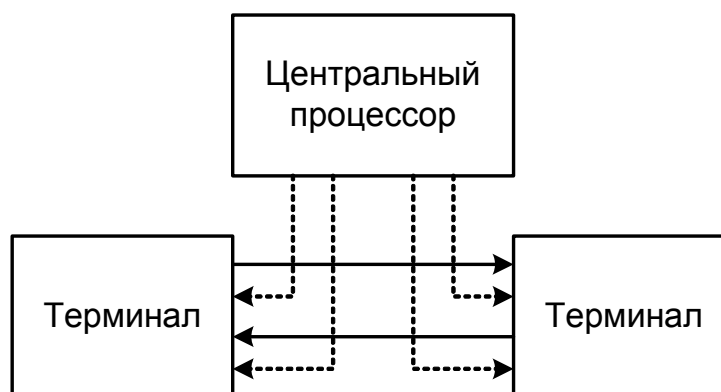


Рисунок 3

2.3 Основные характеристики интерфейса Е1.

Тип линейного кодирования

Согласно G.703 основные характеристики интерфейса следующие:

Скорость передачи – 2048 кбит/с ± 50 ppm (1 ppm (point per million) = 10^{-6}), таким образом, допускается отклонение частоты передаваемого сигнала (2048 кГц) $\pm 102,4$ Гц.

Используемые типы кодирования: HDB-3 (стандартизирован), либо AMI (код с чередованием полярности импульсов). Использование кода AMI в настоящее время уже не рекомендуется, однако, ряд старых цифровых систем передачи могут использовать этот код.

АМІ – Код с чередованием полярности импульсов

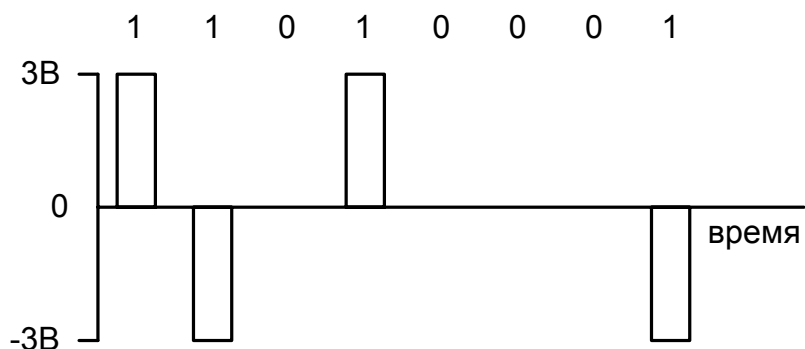


Рисунок 4 – Пример кода АМІ

Это наиболее простой формат линейного кодирования. АМІ расшифровывается как инверсия альтернативного бита. Этот формат использует инверсию каждой следующей 1 (смотрите рисунок 4). В большинстве случаев АМІ не используется, поскольку этот формат линейного кодирования приводит к частым потерям синхронизации в случае длинных последовательностей нулей.

НДВ-3 – код высокой плотности единиц

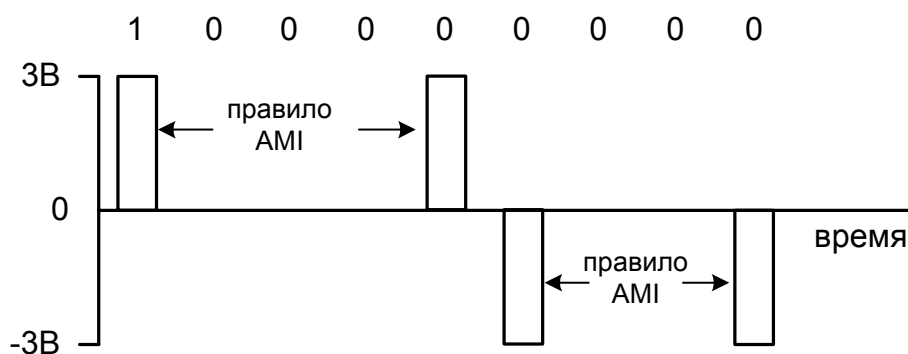


Рисунок 5 – Пример кода НДВ-3

Формат линейного кодирования НДВ-3 был специально разработан для решения проблем синхронизации, возникающих в случае использования АМІ. В формате НДВ-3 за последовательностью из четырех последовательных нулей следует двухимпульсная вставка «плюс импульс – минус импульс». Оборудование на удаленном конце принимает поток Е1 и заменяет двухимпульсные вставки на последовательность нулей, восстанавливая исходную последовательность данных. Таким образом, код НДВ-3 обеспечивает большую плотность импульсов в потоке, что дает лучшие параметры синхронизации по принимаемому сигналу. На рисунке 5 в качестве примера приведено кодирование по НДВ-3 последовательности 1000 0000.

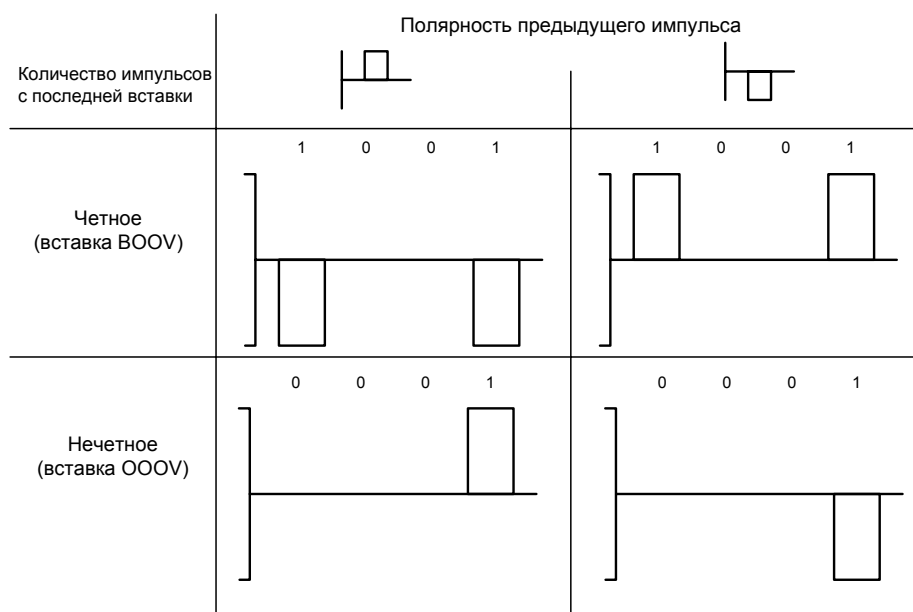


Рисунок 6 – Алгоритм формирования кода HDB-3

Существуют определенные правила таких вставок. Тип вставки определяется полярностью последнего инвертированного бита и количеством битов последовательности предыдущей вставки. Если это количество четное, вставляется 000V; при этом полярность V такая же, как и непосредственно предшествовавшего импульса. Если количество битов нечетно, то вставка имеет вид B00V, где полярность B – противоположная предыдущему импульсу, а полярность V – такая же, как и B. На рисунке 6 представлен алгоритм вставки импульса в последовательность нулей кода HDB-3.

2.4 Уровни сигналов, электрические параметры интерфейса, форма импульса

Помимо параметров частоты сигнала и типа линейного кодирования стандарт определяет следующие нормы на электрические параметры интерфейса, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Форма импульса электрического сигнала	В соответствии с рисунком «V» определяется значением номинальной пиковой амплитуды импульса	
Тип пары в каждом направлении	Одна коаксиальная пара	Одна симметричная пара
Импеданс	75 Ом	120 Ом
Номинальное пиковое напряжение импульса	2.37 В	3 В
Пиковое напряжение при отсутствии импульса	0 ± 0.237 В	0 ± 0.3 В
Номинальная ширина импульса	244 нс	
Отношение амплитуд положительного и отрицательного импульсов в середине импульсного интервала	от 0.95 до 1.05	
Отношение ширины положительного и отрицательного импульсов с середине номинальной амплитуды	от 0.95 до 1.05	

Как видно из таблицы 2, существуют два стандарта на параметры физического интерфейса E1: симметричный интерфейс на 120 Ом и коаксиальный (несимметричный) интерфейс 75 Ом. Им соответствуют значения пикового напряжения в 3 В и 2,37 В. Следует отметить, что оба типа интерфейсов могут реально встретиться в отечественной практике. Симметричный интерфейс 120 Ом получил наибольшее распространение в Европе и является официальным стандартом для России. Интерфейс 75 Ом получил широкое распространение на американско-канадском рынке. В России этот интерфейс не рекомендован к применению, тем не менее, в практике эксплуатации оборудования цифровых систем передачи американских и канадских фирм-производителей он может встретиться.

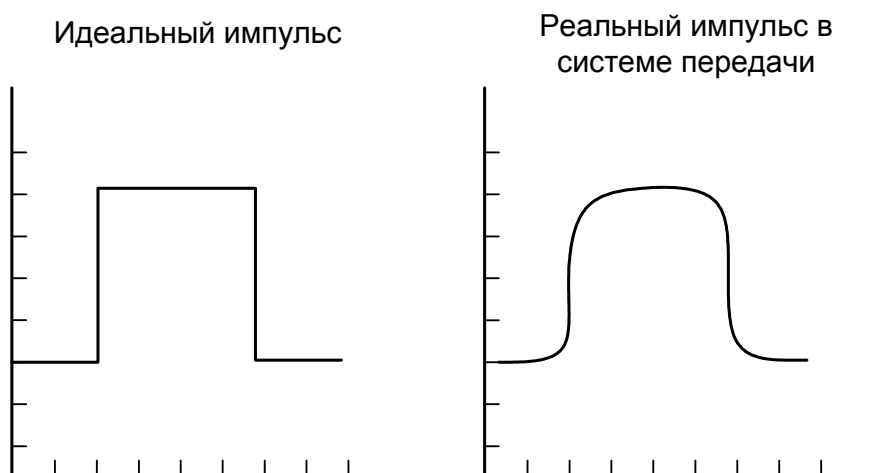


Рисунок 7 – Формы идеального и реального импульсов

Таким образом, типичный уровень сигнала импульсов потока E1 с импедансом интерфейса 75 Ом или ± 2.37 В (для сигнала бинарной 1) или 0 В (для 0), а для симметричного интерфейса 120 Ом – ± 3 В (для сигнала бинарной 1) или 0 В (для 0). Реальный сигнал обычно находится в пределах ± 10 % от этой величины. В идеальном случае передаваемый импульс является совершенно симметричным. Однако в реальной практике импульс сильно трансформируется при его генерации и передаче по каналу E1. На рисунке 7 представлены формы идеального и реального импульсов, которые передаются по каналу E1.

Форма импульса должна соответствовать стандартной «маске», описанной в рекомендации ITU-T G.703, приведенной на рисунке 8.

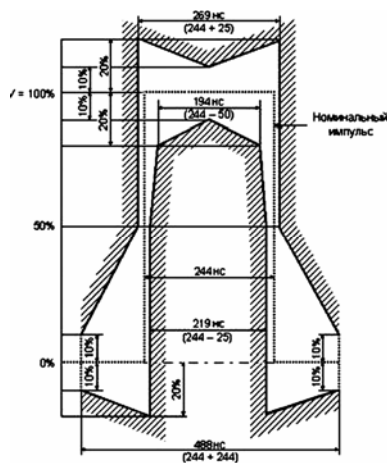


Рисунок 8 – Стандартная «маска» импульса

2.5 Канальный уровень E1 (G.704)

Параметры канального уровня потока E1 включают в себя цикловую и сверхцикловую структуру потока, описание процедур контроля ошибок по цикловому избыточному коду (CRC), а также описание процедур мультиплексирования и демultipлексирования каналов ТЧ в поток E1. Рассмотрим цикловую структуру потока E1 и встроенные процедуры контроля ошибок.

Структура первичного группового сигнала потока E1 приведена на рисунке 9. Данный поток называется *первичным цифровым потоком* и организуется объединением 30-ти информационных каналов.

Канальные интервалы КИ1-КИ15, КИ17-КИ31 отведены под передачу информационных сигналов. КИ0 и КИ16 – под передачу служебной информации. Интервалы КИ0 в четных циклах предназначаются для передачи циклового синхросигнала (ЦСС), имеющего вид 0011011 и занимающего интервалы Р2 – Р8. В интервале Р1 всех циклов передается информация постоянно действующего канала передачи данных (ДИ). В нечетных циклах интервалы Р3 и Р6 КИ0 используются для передачи информации о потере цикловой синхронизации (Авар. ЦС) и снижении остаточного затухания каналов до значения, при котором в них может возникнуть самовозбуждение (Ост. зат). Интервалы Р4, Р5, Р7 и Р8 являются свободными, их занимают единичными сигналами для повышения устойчивости устройств тактовой синхронизации.

В интервале КИ16 нулевого цикла (Ц0) передается сверхцикловой синхросигнал вида 0000 (Р1 – Р4), а также сигнал о потере сверхцикловой синхронизации (Р6 – Авар. СЦС). Остальные три разрядных интервала свободны. В канальном интервале КИ16 остальных циклов (Ц1 – Ц15) передаются сигналы служебных каналов СК1 и СК2, причем, в Ц1 передаются СК для 1-го и 16-го каналов ТЧ, в Ц2 – для 2-го и 17-го и т. д. Интервалы Р3, Р4, Р6 и Р7 свободны.

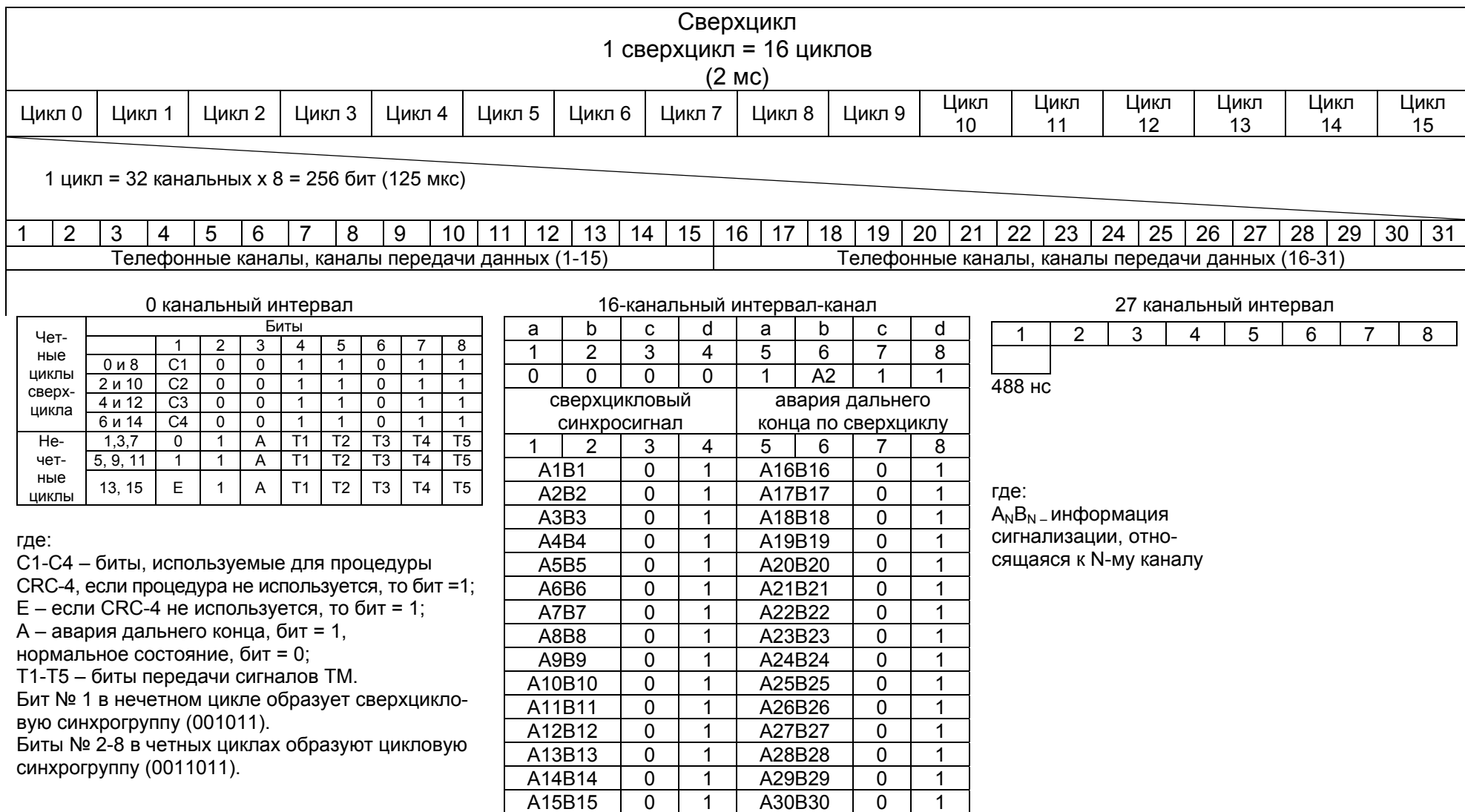


Рисунок 9 – Структура цикла первичного группового сигнала

3 СЕТЕВОЕ ТИПОВОЕ КАНАЛООБРАЗУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1 Стойка САЦК-1. Комплект АКУ-30

3.1.1 Назначение

Стойка САЦК-1 применяется в качестве каналообразующего оборудования во вторичных, третичных, четвертичных ЦСП и ВОСП плезиохронной цифровой иерархии на внутризональных и магистральных транспортных сетях.

Стойка аналого-цифрового каналообразования предназначена для размещения комплектов аппаратуры каналообразующей унифицированной АКУ-30.

Комплект АКУ-30 предназначен для организации в первичном цифровом потоке 30 каналов ТЧ, а также для организации абонентского доступа к одному основному цифровому каналу (ОЦК).

3.1.2 Состав и комплектация оборудования САЦК-1

На одной стойке САЦК-1 может быть установлено:

- комплект аппаратуры каналообразующей унифицированной АКУ-30 – 4 шт;
- комплект источников электропитания КИЭ – 4 шт.;
- комплект сервисного оборудования КСО – 1 шт.;
- устройство ввода УВ – 1 шт.

3.1.3 Назначение комплектов

Комплект АКУ-30 обеспечивает передачу методом ИКМ-ВД 30 каналов ТЧ по первичному цифровому тракту со скоростью передачи 2048 кбит/с, передачу одного цифрового канала со скоростью передачи 64 кбит/с.

КИЭ – комплект источников электропитания содержит два источника вторичного электропитания ИВЭ П 24-5/2-1 либо ИВЭ П60-5/2-1 (в зависимости от питания стойки минус 24 В или минус 60 В). Комплект предназначен для формирования стабилизированных напряжений ± 5 В для питания комплектов АКУ-30.

КСО – комплект сервисного оборудования предназначен для формирования сигналов стоечной, рядовой и общестанционной сигнализации, питания схем контроля в комплекте КСО и в АКУ-30.

В состав комплекта КСО входит плата коммутатора служебной связи КС с переговорно-вызывным устройством для организации канала служебной связи в групповом сигнале.

В устройстве ввода УВ расположены двенадцать 40-контактных соединителей для подключения низкочастотных цепей каналов ТЧ, шесть 10-контактных гребенок для распайки цепей ВЧ и цепей ОЦК.

3.1.4 Структурная схема АКУ-30

Структурная схема АКУ-30 приведена на рисунке 10.

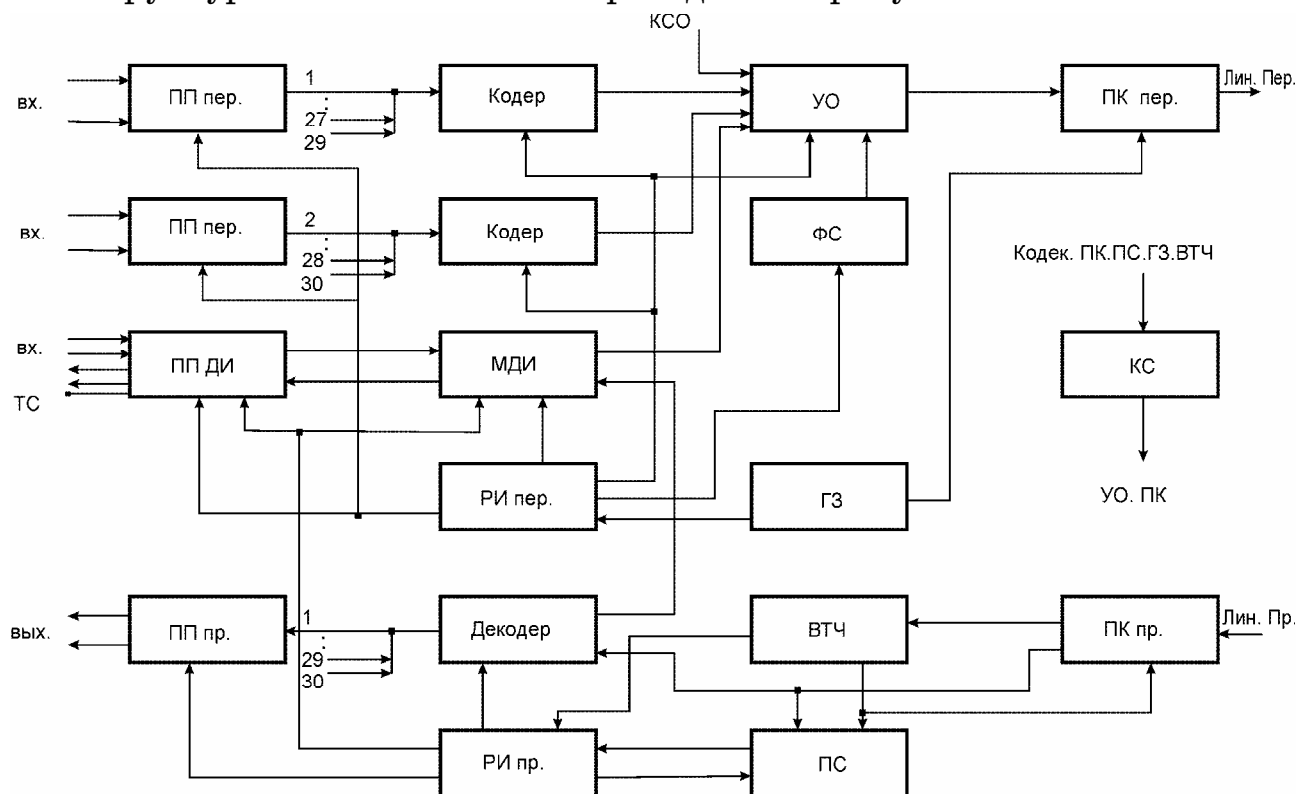


Рисунок 10 – Структурная схема АКУ-30

Тракт передачи

Спектр 0,3-3,4 кГц канала тональной частоты подается в приемопередатчик (ПП), где осуществляется дискретизация по времени. На выходе ПП появляется сигнал АИМ – 1.

Групповые сигналы АИМ-1 от групп нечетных и четных каналов поступают на соответствующие кодеры, где преобразуются в сигналы кода ВН с $Q = 2$ и подаются на устройство объединения (УО).

В УО в один цифровой поток объединяются следующие сигналы:

- сигнал дискретной информации, поступающий от МДИ;
- сигнал цифровой синхронизации, поступающий с формирователя синхросигнала (ФС);
- сигнал «извещение» об аварии, поступающий от устройства контроля и сигнализации (КС);
- сигнал «вызов» служебной связи, поступающий с комплекта сервисного оборудования (КСР-I).

$ПК_{пер}$ – преобразователь кода передачи, осуществляет преобразование кода ВН с $Q = 2$ группового ИКМ-сигнала в биполярный сигнал кода ЧПИ (КВП-3).

В состав АКУ-30 входит устройство контроля и сигнализации, которое принимает сигналы аварии, формируемые в кодеке, ПК, ГЗ, ВТЧ, ПС и на основании этих сигналов вырабатывает сигналы аварийной сигнализации. В устройстве КС формируется сигнал блокировки преобразователя кода передачи $ПК_{пер}$ в случае искажения циклового синхросигнала на передаче.

Тракт приема

Первичный цифровой сигнал со скоростью 2048 Кбит/с в коде КВП-3 (HDB-3) поступает на преобразователь кода приема $ПК_{пр}$, где преобразуется в сигнал кода ВН с $Q = 2$. Преобразованный групповой ИКМ-сигнал поступает на выделитель тактовой частоты (ВТЧ), который выделяет сигнал с тактовой частотой 2048 кГц, необходимый для запуска распределителя импульсов приема $РИ_{пр}$.

В устройстве приемника циклового синхросигнала (ПС) анализируется первичный цифровой сигнал, выделяется сигнал цикловой синхронизации, который осуществляет синхронизацию РИ пр.

Декодер предназначен для преобразования ИКМ-сигнала в квантованный сигнал АИМ, а также осуществляет запрет сигнала, передаваемого в КИ-16, если он используется для передачи дискретной информации.

3.2 Комплект СК-30 стойки САЦК-2

3.2.1 Назначение

Стойка САЦК-2 применяется в качестве каналообразующего оборудования во вторичных, третичных, четвертичных ЦСП и ВОСП плезиохронной цифровой иерархии на внутризональных и магистральных транспортных сетях.

Стойка аналого-цифрового каналообразования предназначена для размещения канальных секций СК-30.

СК-30 предназначена для организации в первичном цифровом потоке до 30 каналов ТЧ или до 31 канала ОЦК и одного технологического канала ТК.

3.2.2 Состав и комплектация оборудования САЦК-2

На стойке САЦК-2 могут быть установлены:

- СК-секция канальная – 4 шт.;

- комплект источников электропитания КИЭ – 4 шт.;
- ССО – секция сервисного оборудования – 1 шт.;
- УВ – устройство ввода – 1 шт.

3.2.3 Назначение секций (комплектов)

СК-30 – секция канальная применяется в качестве каналобразующего оборудования вторичных, третичных, четверичных и более высокого порядка ЦСП на внутризональных и магистральных сетях связи.

В СК-30 применены полупроводниковые большие интегральные схемы (БИС) канального ИКМ-кодера, фильтры НЧ, что позволило построить аппаратуру с индивидуальным аналого-цифровым преобразованием канальных сигналов, синхронным объединением канальных цифровых потоков (ИКМ 0, 1, 2, 3) и абонентским доступом к любому из 31 канала в цикле передачи первичной ЦСП, с возможностью замены каналов ТЧ, имеющих аналоговые окончания основными цифровыми каналами (ОЦК) при скорости передачи информации 64 кбит/с.

СК-30 поставляется с тридцатью платами приемопередатчиков каналов ТЧ (ППТЧ) и с двумя платами приемопередатчиков основного цифрового канала (ППОЦК).

По каналу ОЦК можно передавать только синхронную информацию с сонаправленным или противоположным стыком. Кроме того, имеется возможность передачи информации со скоростью 8 кбит/с по технологическому каналу (ТК) в синхронном режиме по противоположному стыку, организованному с помощью приемопередатчика ТК (ППТК).

ССО – секция сервисного обслуживания – предназначена для:

- формирования сигналов стоечной, рядовой и цеховой сигнализации;
- питания схем контроля в секциях ССО и СК-30;
- индикации о пропадании вторичного напряжения +5 В;
- оповещения о пропадании напряжения первичного источника питания;
- проверки индикаторов, расположенных на самой ССО, на СК-30;
- организация канала служебной связи (через любой канал ТЧ секции СК-30);
- индикация номеров неисправных ОЦК;
- индикации номеров секций СК-30 и др.

3.2.4 Структурная схема СК-30

Структурная схема секции СК-30 приведена на рисунке 11.

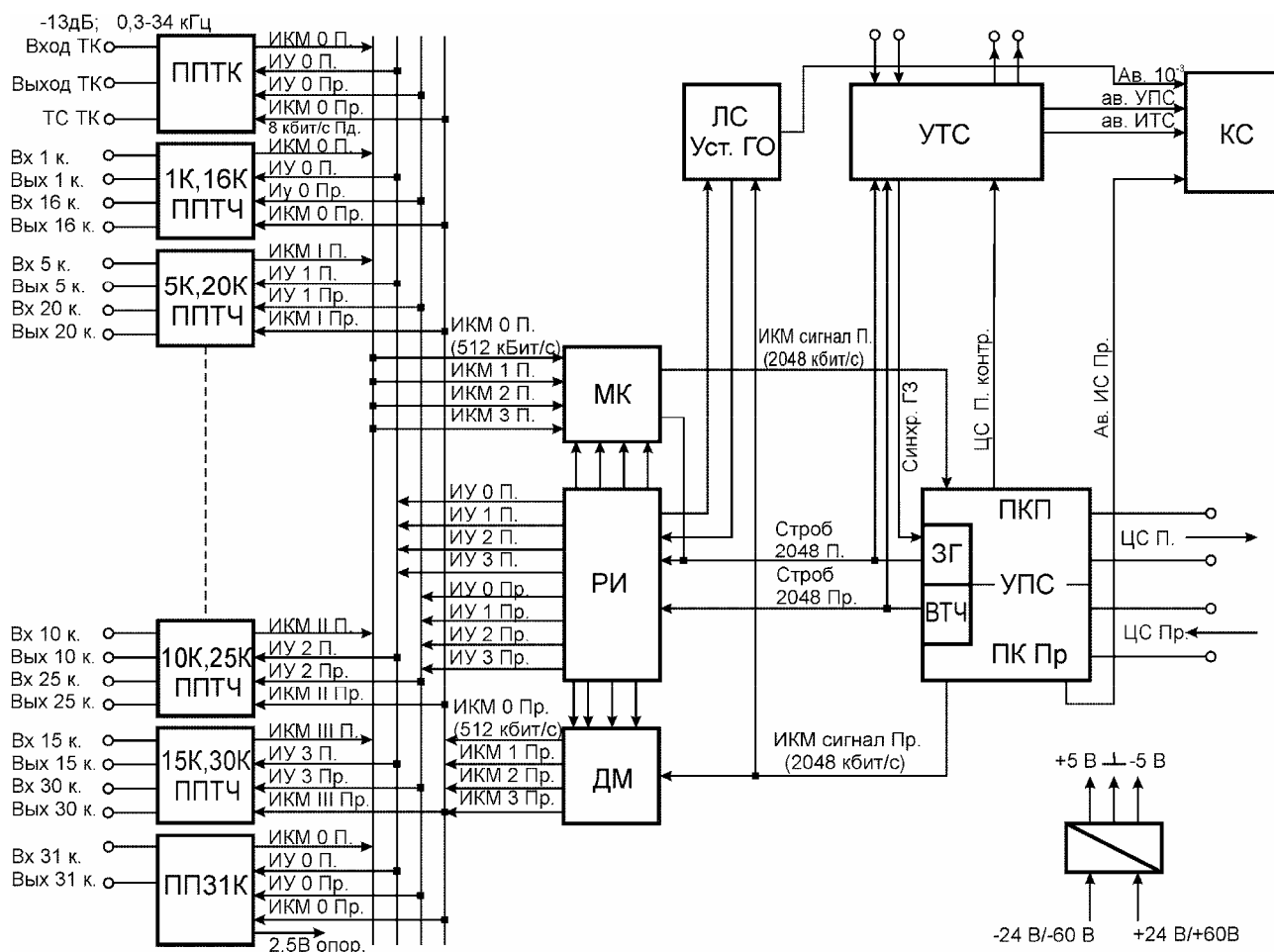


Рисунок 11 – Структурная схема секции СК-30

Тракт передачи

Низкочастотный сигнал поступает на вход канала ТЧ на плату ППТЧ, где ограничивается по спектру до 3,4 кГц при помощи БИС-фильтра низкой частоты и кодируется при помощи БИС-кодера. С выхода ППТЧ байты (ИКМ 0, 1, 2, 3) с частотой следования 512 кГц поступают на одну из 4-х информационных шин в строго определенные КИ.

Объединение четырех синхронно-синфазных потоков по 512 кбит/с, поступающих с ППТЧ и ППОЦК в один групповой ИКМ-сигнал передачи со скоростью 2048 кбит/с осуществляется мультиплексором каналов (МК). Кроме того, на вход МК поступают байты с частотой 512 кГц от ПП-31 в КИ16 и от ППТК в КИ0.

Распределение байтов по КИ на передаче и приеме группового обслуживания аппаратуры осуществляется с помощью 4 импульсов управления ИУ 0, 1, 2, 3 (передачи и приема), формируемых на плате РИ

(распределителя импульсов). Кроме того, РИ формирует сетку частот, необходимую для работы МК и демультимплексора (ДМ).

С выхода МК ИКМ-сигнал поступает на ПКП (преобразователь кода передачи) устройства первичного стыка (УПС), где он преобразуется в биполярный квазитроичный информационный сигнал в коде HDB-3 или АМІ.

Тракт приема

Квазитроичный информационный сигнал приема в коде HDB-3 или АМІ поступает в преобразователь кода приема (ППКПр), где преобразуется в униполярный ИКМ-сигнал.

С выхода ПКПр ИКМ-сигнал со скоростью 2048 кбит/с поступает на вход ДМ, который выполняет функцию побайтового разделения группового ИКМ-сигнала приема на 4 синхронно-синфазных цифровых потоков (ИКМ 0, 1, 2, 3) со скоростью 512 кбит/с.

Распределение сигналов ИКМ 0, 1, 2, 3 приема по каналам ППТЧ, ППОЦК, ППЗ1 и ППТК осуществляется импульсами управления ИУ 0, 1, 2, 3 приема. Сигнал ИКМ 0, 1, 2, 3 приема поступает на платы ППТЧ, ПП-31к, где происходит преобразование цифрового сигнала (ИКМ ПР) в аналоговый сигнал с помощью БИС-кодека и БИС-фильтра.

В плате ППТК кроме формирования ТК со скоростью 8 кбит/с осуществляется формирование циклового синхросигнала, который передается вместе с ТК в КИО.

В плате ППЗ1к расположено оборудование для организации 31-го телефонного канала, а также источник опорного напряжения +2,5 В и -2,5 В для питания БИС-кодека платы ППТЧ.

Задающий генератор (ГЗ) с частотой 2048 кГц располагается в устройстве первичного стыка. ВТЧ (выделитель тактовой частоты) работает в режиме выделения тактовой частоты (строб 2048 ПР) и цифрового информационного сигнала приема (ИС ПР).

Плата УТС обеспечивает:

- внешнюю тактовую синхронизацию аппаратуры СК-30 от внешнего сигнала ТС ПР;
- контроль правильности формирования циклового синхросигнала передачи (ЦК П КОНТР);
- контроль наличия информационного сигнала передачи (ИС П КОНТР).

Цикловая синхронизация приемной части СК-30 осуществляется с помощью приемника циклового синхросигнала (ПЦС), на вход которо-

го поступает ИКМ-сигнал ПР, из которого выделяется цикловой синхросигнал и осуществляется управление приемной части платы РИ.

Контроль функционирования узлов СК-30 выполняется устройством контроля и сигнализации (КС), расположенного на платах КС-1 и КС-2.

Питание СК-30 осуществляется с помощью платы стабилизатора напряжения ПСН 24 В.

3.3 Оборудование АЦО-11

3.3.1 Назначение

Аналого-цифровое оборудование АЦО-11 предназначено для формирования первичных цифровых потоков со скоростью передачи 2048 кбит/с из аналоговых сигналов 30 каналов ТЧ и используется в качестве каналообразующего оборудования, в основном на местных сетях связи в ЦСП и ВОСП плезиохронной цифровой иерархии.

АЦО-11 выпускается в следующих модификациях:

- для организации до 30 каналов ТЧ и до двух цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с;
- для организации 27 каналов ТЧ и до 4-х цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с;
- для организации 31 канала ТЧ.

3.3.2 Состав, назначение и комплектация

Структурная схема АЦО-11 приведена на рисунке 12.

АЦО-11 представляет собой оконечное оборудование системы передачи с импульсно-кодовой модуляцией и временным делением каналов.

Тракт передачи

Аналоговые сигналы в спектре 0,3-3,4 кГц поступают в платы ИП-11 (индивидуальных преобразователей), которые предназначены для преобразования аналоговых сигналов 4-х каналов тональной частоты в АИМ-сигнал на передаче, ограничения спектров каналов ТЧ. Групповой АИМ-сигнал поступает в плату АЦ-11.

Плата АЦ-11 предназначена для неравномерного квантования и кодирования (аналого-цифрового преобразования) группового АИМ-сигнала, поступающего с плат ИП-11.

Далее ИКМ-сигнал в параллельном 8-ми разрядном коде поступает в плату ЦО-11 (цифрового оборудования), которая предназначена для формирования первичного цифрового потока со скоростью передачи 2048 кбит/с в последовательном коде и подает этот сигнал в плату ВС-11. На плате ЦО-11 расположено генераторное оборудование передачи.

- Плата КС-11 предназначена для автоматического контроля исправности плат АЦ-11 и ЦА-11.
- Плата КС-12 предназначена для сбора и передачи информации о состоянии блока АЦО-11 в универсальное сервисное оборудование УСО-01.
- Плата АК-11 предназначена для проверки работоспособности АЦО-11 во время настройки и ремонта, устанавливается на место платы КС-12 и входит в состав комплекса ЗИП-11.

Оборудование АЦО-11 рассчитано на питание от источников постоянного тока напряжением минус 60 В с допустимыми колебаниями напряжения от 54 до 72 В с заземленным изолированным плюсом.

3.4 Оборудование АЦО-12

3.4.1 Назначение

Аналого-цифровое оборудование АЦО-12 предназначено для формирования первичных цифровых потоков со скоростью передачи 2048 кбит/с из аналоговых сигналов тридцати каналов ТЧ и используется в качестве каналообразующего оборудования, в основном на местных сетях связи цифровых и волоконно-оптических системах передачи.

АЦО-12 выпускается в следующих модификациях:

- для организации двух тридцатиканальных групп каналов ТЧ и до двух основных цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с в каждой тридцатиканальной группе;
- для организации двух групп по 26 каналов ТЧ и до двух ОЦК со скоростью передачи информации 64 кбит/с и двух со скоростью передачи 9600 бит/с в каждой группе;
- для организации 30 каналов ТЧ и до двух ОЦК со скоростью передачи 64 кбит/с.

3.4.2 Структурная схема АЦО-12

АЦО-12 представляет собой оборудование первичное каналообразующее.

Структурная схема АЦО-12 приведена на рисунке 13.

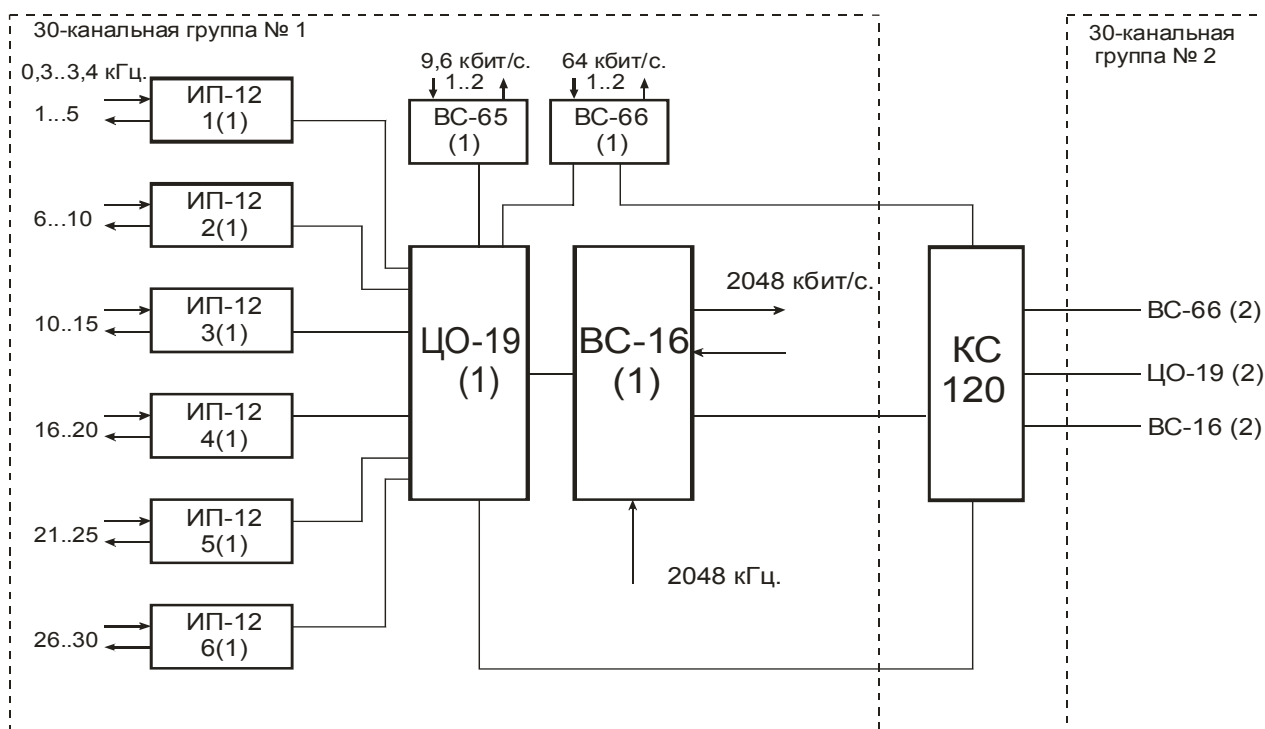


Рисунок 13 – Структурная схема АЦО-12

Тракт передачи

Аналоговые сигналы в спектре 0,3-3,4 кГц поступают в платы ИП-12 (индивидуальных преобразователей), которые предназначены для преобразования аналоговых сигналов пяти каналов ТЧ в цифровой ИКМ-сигнал.

Групповой ИКМ-сигнал подается в плату ЦО-19, которая предназначена для формирования цифровых сигналов, управляющих последовательностью обработки аналоговых и цифровых сигналов, для формирования первичного цифрового потока со скоростью передачи 2048 кбит/с.

Плата ВС-16 (внешнего стыка) предназначена для генерации тактовой частоты 2048 кГц, а также для преобразования группового ИКМ-сигнала в код HDB-3.

Тракт приема

На вход блока АЦО-12 подается цифровой сигнал в коде HDB-3 со скоростью 2048 кбит/с на плату ВС-16, где преобразуется в групповой ИКМ-сигнал, который затем передается в плату ЦО-19.

В плате ЦО-19 осуществляется формирование цифровых сигналов, управляющих последовательностью обработки аналоговых и цифровых сигналов, а также разделение первичного цифрового потока со скоростью 2048 кбит/с на платы ИП-12.

В плате ИП-12 осуществляется преобразование ИКМ-сигнала в аналоговый.

- Плата ВС-65 предназначена для организации в блоке АЦО-12 двух цифровых каналов со скоростью передачи 960 бит/с (поставляется по отдельному заказу);
- Плата ВС-66 предназначена для организации двух цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с;
- Плата КС-120 предназначена для сбора и передачи информации об аварийном состоянии блока АЦО-12 в унифицированное сервисное оборудование УСО-01;
- Плата АК-12 предназначена для проверки работоспособности блока АЦО-12 при настроечных и ремонтных работах, устанавливается в блок вместо платы КС-120, поставляется в составе комплекта ЗИП-11.

В состав оборудования АЦО-12 входит комплект плат каналообразующего оборудования ККО-12, в составе плат ИП-12, ВС-66, ВС-16, ЦО-19 предназначенный для доукомплектования АЦО-12 одной тридцатиканальной группой.

Блок АЦО-12 содержит схемы контроля и сигнализации, предназначенные для автоматического контроля работы блоков и локализации неисправностей.

При использовании АЦО-12 в качестве каналообразующего оборудования на городских сетях связи он устанавливается совместно с блоками оборудования стыка с АТС ОСА-13.

Оборудование АЦО-12 рассчитано на питание от источников постоянного тока напряжением минус 60 В, с допустимыми колебаниями напряжения от 54 до 72 В с заземленным изолированным плюсом.

4 МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ РДН (ПЦИ)

4.1 Мультиплексоры первого уровня

Плезиохронные мультиплексоры подразделяются согласно схеме мультиплексирования на первичные, вторичные, третичные и четверичные. Мультиплексоры пятой ступени не нашли применения на сетях связи России, однако, широко используются в Западной Европе.

В первичных мультиплексорах реализуется синхронное мультиплексирование восьмиразрядных кодовых комбинаций и при этом формируется первичный цифровой сигнал, обозначаемый Е1. Структура первичного цифрового сигнала, описана в рекомендациях G.704. Он со-

стоит из 32 канальных позиций длительностью 3,91 мкс каждая с общей длительностью $T=125$ мкс. Нулевой и шестнадцатый интервалы предназначены для служебных целей:

КИ0 – для передачи сигналов: синхронизации, контроля, управления (TMN) и оповещения об аварии;

КИ16 – служит для передачи сигнальных сообщений между узлами коммутации, синхронизации по сверхциклу и индикации аварийного состояния.

На рисунке 14 приведена структурная схема мультиплексора первого уровня.

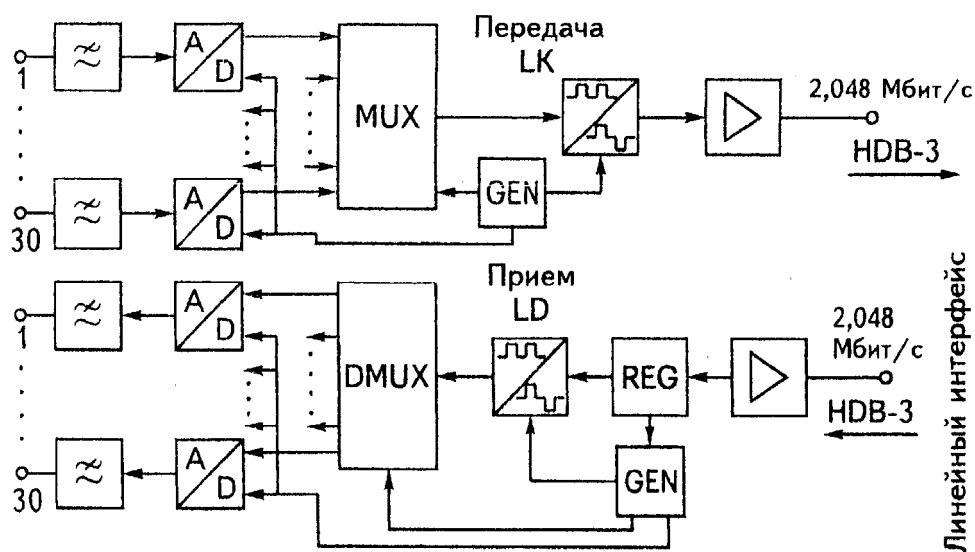


Рисунок 14 – Функциональная схема мультиплексора E1

На рисунке приведены сокращения:

A/D – аналого-цифровое преобразование на передаче и цифро-аналоговое преобразование на приеме;

MUX и DMUX – мультиплексор и демультиплексор;

GEN – генераторное оборудование;

LK и LD – линейный кодер и линейный декодер, которые преобразуют двухуровневый цифровой сигнал в трехуровневый HDB-3 и наоборот;

REG – регенератор цифрового сигнала.

Задающий генератор GEN должен обеспечить стабильность тактовой частоты $2048 \text{ кГц} \pm 50 \text{ ppm}^1 (\pm 102,4 \text{ Гц})$.

Линейная сторона мультиплексора может сопрягаться дополнительным оборудованием с любыми линиями: электрическими, в том

¹ ppm (point per million) – характеризует отклонение от фундаментальной частоты кварца при каком-нибудь воздействии, например: изменении температуры или напряжения питания схемы. 50 ppm это погрешность = $F_{\text{кварца}} * 50 / 10^6$. При частоте 1 МГц такой кварц ошибётся на 50 герц, при частоте 44100 Гц – погрешность будет 2.2 Гц.

числе HDSL, оптическими и радиорелейными. От этого зависит дальность передачи и качество. При этом в линии могут использоваться промежуточные станции с регенераторами.

Пример реализации схемы современного мультиплексора первой ступени приведен на рисунке 15. Главная его особенность – шинная архитектура, находящаяся под управлением центрального процессора.

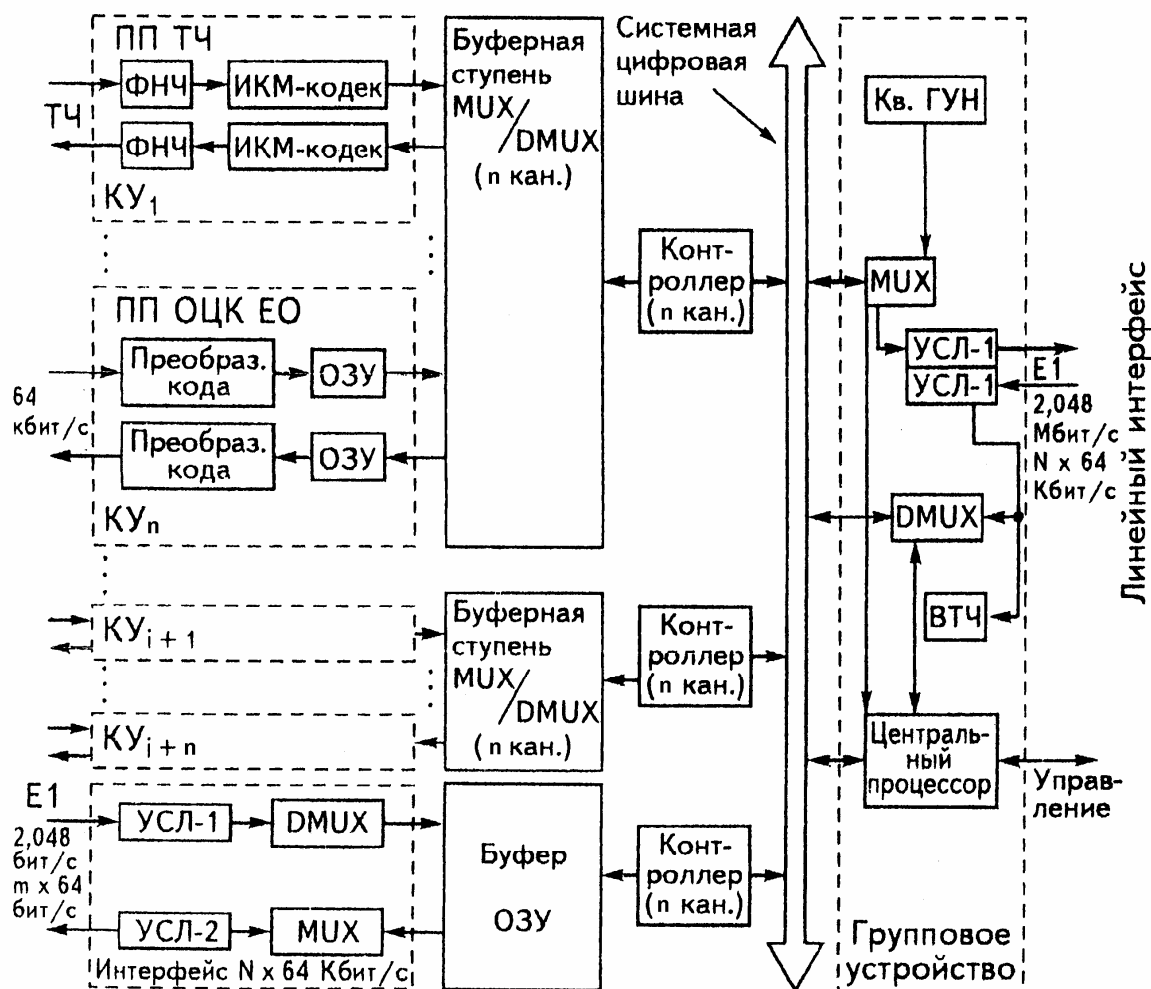


Рисунок 15 – Функциональная схема мультиплексора E1 с шинной архитектурой

Обозначения, приведенные на рисунке:

ППТЧ – приемопередатчик тональных частот;

ФНЧ – фильтр нижних частот;

ИКМ – кодек преобразователь аналогового сигнала в сигнал с импульсно-кодовой модуляцией и наоборот, цифро-аналоговый преобразователь;

КУ_i – канальное устройство;

MUX/DMUX – мультиплексор/демультиплексор;

Кв. ГУН – кварцевый генератор, управляемый напряжением;

ВТЧ – выделитель тактовой частоты;

E1 – цифровой поток со скоростью 2,048 Мбит/с;

УСЛ – устройство согласования с линией (электрической, оптической, радио);

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство.

Указанная схема позволяет реализовать разнообразный набор канальных окончаний: аналоговых, цифровых, для сети с интеграцией услуг, локальных вычислительных сетей и другие. Реализация функций управления позволяет изменять конфигурацию мультиплексора, например, производить кроссовые соединения каналов, производить их пересортировку.

Последующие ступени иерархии PDH могут быть получены путем побитового мультиплексирования сигналов первой ступени. Например, $4 * E1 = E2$ (8,448 Мбит/с).

4.2 Гибкие мультиплексоры

Гибкие мультиплексоры – устройства, предназначенные для реализации широких возможностей по предоставлению услуг в сети доступа. Они состоят из системы гибкого доступа (абонентская сторона NU) и окончания гибкого доступа (станционная сторона CDN). На рисунке 16 представлена функциональная схема системы гибкого доступа. Эта система предполагает использование методов плезиохронной цифровой иерархии для мультиплексирования. Обычно это мультиплексирование $64 * n$ Кбит/с ($n = 1 \dots 30$); 2,048*4, Мбит/с; 2,048*16, Мбит/с. Канал управления реализуется на временных позициях плезиохронных циклов, например, в цикле E1 (рисунок 9) это КИ0 нечетных циклов сверхцикла позиции Y.

В системах гибкого доступа применяется кроссовое соединение для организации постоянных и кратковременных каналов между пользователями и для других целей.

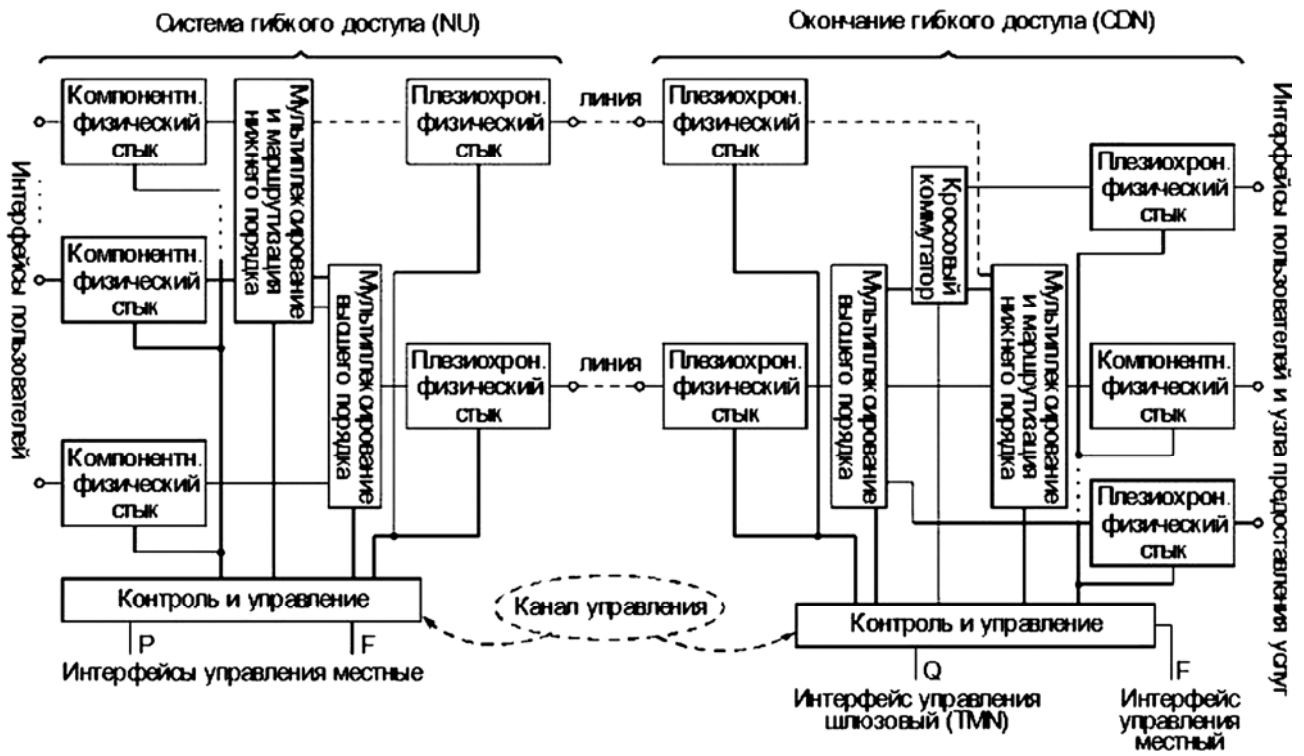


Рисунок 16 – Функциональная схема системы гибкого доступа

Компонентные стыки (интерфейсы) могут обеспечить предоставление каналов для любых видов услуг на скоростях передачи до $30 * 64$ Кбит/с по 2-х и 4-проводным линиям. Плeзиохронные физические стыки (интерфейсы) могут быть для электрических, оптических и радиолиний.

Сеть телекоммуникаций с применением гибких мультиплексов может иметь любую архитектуру: «кольцо», «ячейка», «дерево», «звезда» и при этом сохраняет возможность гибкого предоставления услуг различных сервисных сетей (телефон, видеотелефон, факс, Internet и т. д.).

Рассмотрим подробнее функциональные компоненты, которые могут входить в состав гибкого мультиплекса. На рисунке 17 представлена общая функциональная блок-схема гибкого мультиплекса.

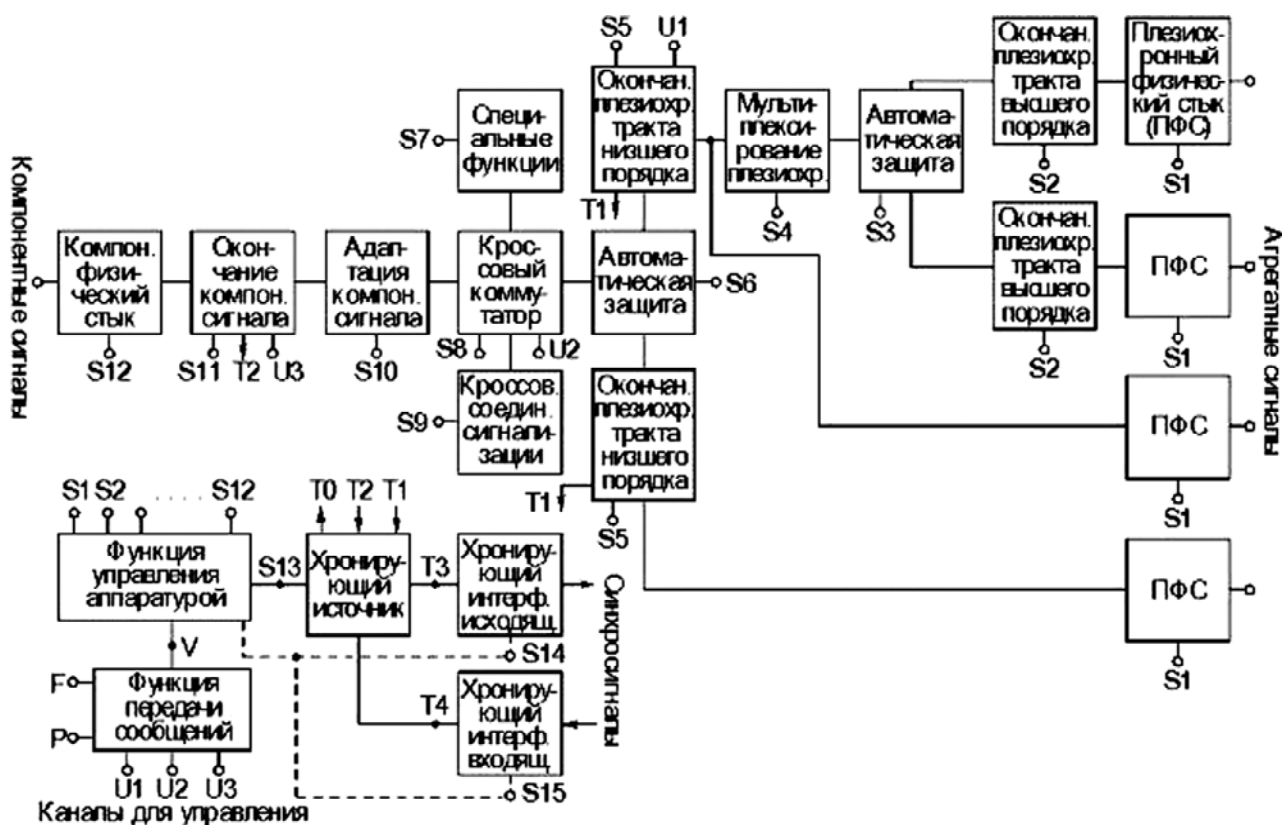


Рисунок 17 – Общая функциональная блок-схема гибкого мультиплексора

Назначение функциональных блоков состоит в следующем.

Объединение компонентных сигналов

Компонентный физический стык (интерфейс) – обеспечивает передачу/прием компонентного сигнала. Он относится к ряду связанных с услугами интерфейсов, которые представляют собой окончания соответствующих каналов (например, $2B + D = BRI$ для сети ISDN). Он также выделяет тактовый синхросигнал из принимаемых сигналов и работает на сигналах управления/сигнализации, когда функции блока окончания компонентного сигнала фиктивны.

Окончание компонентного сигнала – эта функция аналогична функции окончания плезиохронного тракта низшего порядка, когда компонентный стык связан с применением цикла E1. Для других стыков она генерирует или завершает сигнал управления и сигнализации.

Адаптация компонентного сигнала – изменяет компонентный сигнал, когда необходимо иметь возможность обрабатывать его в формате цикла E1 (например, аналого-цифровое преобразование – АЦП).

Кроссовая коммутация – позволяет осуществлять преобразование сигналов 64 Кбит/с или $n * 64$ Кбит/с от компонентной стороны в соответствующий сигнал 2,048 Мбит/с с цикловой структурой E1 (рисунок 9).

Кроссовое соединение сигнализации – используется для введения битов abcd КИ16 в соответствующий КИ 64 Кбит/с.

Специальные функции – могут включать режим работы от точки к многим точкам, перекодирование ИКМ в АДИКМ, организацию конференц-связи, циркулярной связи и другое.

Автоматическая защита – используется в том случае, когда для цифрового тракта требуется схема переключения на резерв типа 1 + 1. Функция переключения может выполняться под воздействием блока управления аппаратурой.

Окончание плезиохронного тракта низшего порядка – завершает логические сигналы 2,048 Мбит/с на агрегатной стороне аппаратуры. Это окончание обеспечивает генерацию и восстановление цикла и обнаружение состояния дефекта или повреждения сигнала 2,048 Мбит/с.

Плезиохронное мультиплексирование – это функция объединения/деления цифровых сигналов согласно рекомендациям G.742 и G.751 Международного союза электросвязи.

Окончание плезиохронного тракта высшего порядка – завершает логические сигналы агрегатного стыка на 8,448 Мбит/с, 34,368 Мбит/с и 139,264 Мбит/с. Это окончание обеспечивает генерацию и восстановление цикла и обнаруживает состояние дефекта или повреждение сигнала высокого порядка.

Плезиохронный физический стык (интерфейс) – обеспечивает передачу/прием агрегатного² сигнала и представляет собой окончание соответствующей системы передачи (например, ИКМ-30, ИКМ-480). Он также выделяет тактовый синхросигнал из принятого агрегатного.

Организация каналов управления

Функция передачи сообщений – позволяет завершить или сформировать встроенный операционный канал управления, который может транспортироваться на нескольких битах КИ0 (Y) на агрегатной или компонентной стороне (U2, U3). Возможна транспортировка и в канале 64 Кбит/с на агрегатной стороне (U1). Этот функциональный блок может взаимодействовать с местным пользователем через интерфейсы F (стандарт TMN) и P (не является стандартом TMN), а также с функцией управления аппаратурой через интерфейс V.

Функция управления аппаратурой – позволяет местному пользователю или сети TMN выполнять все функции управления аппаратурой. Она подключается к каждому функциональному блоку гибкого мультиплексора через контрольные точки S1 – S15.

² Мультиплексоры объединяют компонентные потоки (E1, BRI и др.) в агрегатные потоки (E2, E3, E4) для передачи по волоконно-оптическим или электрическим каналам.

Хронирующий интерфейс (входящий/исходящий) – завершает или генерирует внешний сигнал синхронизации (вход Т4, выход Т3).

Хронирующий источник мультимплексора – обеспечивает все внутренние хронирующие сигналы, необходимые для гибкого мультимплексора (выход Т0). В хронирующем источнике производится автоматический выбор источника синхронизма (Т1, Т2, Т4 или внутреннего осциллятора).

4.3 Оборудование гибкого мультимплексирования OGM – 30E

4.3.1 Назначение

Многофункциональный мультимплексор OGM-30E с возможностью гибкого конфигурирования предназначен для формирования первичных цифровых потоков со скоростью передачи 2048 кбит/с.

Первичные цифровые потоки формируются из:

- аналоговых речевых сигналов и сигналов управления и взаимодействия с батарейной сигнализацией (3-проводная, 4-проводная, 7-проводная) от аналоговых АТС;
- аналоговых речевых сигналов и сигналов управления и взаимодействия с Е&М-сигнализацией от аналоговых АТС;
- аналоговых речевых сигналов и сигналов управления и взаимодействия с Е&М-сигнализацией тип I, II, III, IV, V;
- аналоговых речевых сигналов и сигналов управления и взаимодействия со шлейфной сигнализацией по двухпроводным соединительным линиям;
- аналоговых речевых сигналов с управляющей информацией для подключения абонента к АТС;
- аналоговых речевых сигналов и сигналов взаимодействия с одночастотной сигнализацией в частотном диапазоне телефонного канала от аналоговых АТС;
- аналоговых речевых сигналов и сигналов взаимодействия с двухчастотной сигнализацией в частотном диапазоне телефонного канала ведомственных сетей (энергетики, нефтяники);
- цифровых сигналов 1024 кбит/с аппаратуры ИКМ-15 в коде NRZ, HDB3, AMI;
- двух первичных потоков 2048 кбит/с, преобразуемых по методу адаптивной дифференциальной ИКМ (АДИКМ);
- цифровых сигналов сонаправленного стыка 64 кбит/с (рек. G.703 МСЭ-T);
- цифровых сигналов, соответствующих рекомендациям МСЭ V.24, V.35, V.36, X.21, RS-485.

4.3.2 Применение

Аппаратура может применяться на сельских, городских, ведомственных, внутризональных и магистральных сетях связи в качестве:

- оконечного мультиплексора;
- мультиплексора ввода/вывода;
- мультиплексора ввода/вывода с конференц-связью (групповыми каналами);
- кроссировочного мультиплексора.

4.3.3 Состав оборудования OGM-30E

В состав аппаратуры OGM-30E входят изделия, приведенные в таблице 3. Комплектуется аппаратура из изделий, в соответствии с их назначением.

Таблица 3

Наименование изделия	Краткое описание
Базовый блок	
Блок OGM-12	Блок аппаратуры гибкого мультиплексирования, предназначен для установки сменных плат и программного обеспечения. Блок комплектуется платами КМ-120, СН-120, УМ-120.
Дополнительные функциональные узлы	
Плата ВС-120	Стык передачи и приема двух первичных цифровых потоков 2048 кбит/с
Плата ВС-120-01	Стык передачи и приема одного первичного цифрового потока 2048 кбит/с
Плата ВС-120-02	Стык передачи и приема двух первичных цифровых потоков 2048 кбит/с с транзитным проключением трактов двух потоков 2048 кбит/с в аварийной ситуации
Плата ОК-120	2-проводное или 4-проводное окончание канальное для двух телефонных каналов с сигнализацией Е&М тип V
Плата ОК-121	2-проводное или 4-проводное окончание канальное для двух телефонных каналов с сигнализацией Е&М тип I
Плата ОК-122	Окончание канальное для двух телефонных каналов со шлейфной сигнализацией по 2-проводным соединительным линиям
Плата ОК-123	2-проводное или 4-проводное окончание канальное для двух телефонных каналов с сигнализацией Е&М тип II, III, IV
Плата СХ-120	Согласующее устройство исходящее для 2 телефонных каналов с батарейной сигнализацией для связи с декадно-шаговыми и координатными АТС
Плата СВ-120	Согласующее устройство входящее для 2 телефонных каналов с батарейной сигнализацией для связи с декадно-шаговыми и координатными АТС
Плата АО-120	Включение двух абонентских телефонных аппаратов на стороне абонента
Плата СО-120	Включение двух абонентских комплектов на стороне станции

Наименование изделия	Краткое описание
Плата OD-121	Плата для установки модулей KOD-121 со стыками двух каналов передачи данных, обеспечивающая передачу цифровых сигналов по двум каналам передачи данных синхронных или асинхронных с интерфейсами V.24/V.28, V.35/V.28, V.36/V.11, X.21/V.11, RS-485 со скоростями передачи от 50 бит/с до 19,2 кбит/с в асинхронном режиме и $n * 64$ кбит/с в синхронном режиме, а также через сонаправленный стык 64 кбит/с по рекомендации G.703 МСЭ-Т
Комплект KOD-121	<p>Комплект соединительных кабелей и модулей:</p> <p>Модуль V.24/V.28. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль V.24/V.28. Соединительный кабель подключается к нижнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль V.35/V.28. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль V.35/V.28. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль V.36/V.28. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль V.36/V.28. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль X.21/V.11. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль X.21/V.11. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль RS-485. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль RS-485. Соединительный кабель подключается к нижнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль 64 кбит/с G.703 сонаправленный стык. Соединительный кабель подключается к верхнему разъему платы OD-121</p> <p>Модуль 64 кбит/с G.703 сонаправленный стык. Соединительный кабель подключается к нижнему разъему платы OD-121</p>
Плата DE-120	Детектирование и фильтрация до восьми любых частот в диапазоне 300...3400 Гц методом цифровой обработки 60 телефонных каналов
Плата KC-120	Организация конференцсвязи от 3 x 20 до 60 x 1 участников
Плата BC-125	Включение двух цифровых групповых сигналов 1024 кбит/с (линейный код NRZ, HDB3, AMI) аппаратуры ИКМ-15
Плата BC-125-01	Включение одного цифрового группового сигнала 1024 кбит/с (линейный код NRZ, HDB3, AMI) аппаратуры ИКМ-15
Плата BC-121	Сжатие речевой информации в 60 телефонных каналах из формата ИКМ рекомендации G.711 МСЭ-Т (64 кбит/с) в формат АДИКМ рекомендация G.726 МСЭ-Т (32 кбит/с)
Плата BC-122	Интерфейс базового доступа типа U к сети ISDN
Плата BC-124	Интерфейс базового доступа типа S/N к сети ISDN
Плата СК-120	Интерфейсы служебного канала для удаленного мониторинга по протоколу SMNP
Плата CM-120	Предназначена для соединения шин кроссовых плат двух блоков OGM-12

Наименование изделия	Краткое описание
Плата КТ-120	Линейный тракт для передачи одного первичного цифрового сигнала электросвязи 2048 кбит/с по медному кабелю по технологии HDSL
Плата ОТ-110	Оптический линейный тракт для передачи одного первичного цифрового сигнала электросвязи 2048 кбит/с
Программное обеспечение КПО-120	Состоит из программы конфигурирования и мониторинга аппаратуры OGM-30E

4.3.4 Назначение блока OGM-12

Блок OGM-12, с установленными платами и управляющим программным обеспечением, предназначен для работы в составе многофункциональной каналообразующей аппаратуры гибкого мультиплексирования OGM-30E на взаимоувязанной сети связи в качестве:

- оконечного мультиплексора;
- мультиплексора ввода/вывода;
- кроссировочного мультиплексора.

Блок OGM-12 (в составе аппаратуры OGM-30E) используется в комплексе с оборудованием первичных, вторичных, третичных, синхронных (SDH) и т. д. цифровых систем передачи от любых фирм-производителей, использующих стыки цифрового сигнала 2,048 Мбит/с по рекомендации G.703/6 МСЭ-Т на сельских, городских, ведомственных, внутризональных и магистральных сетях связи.

4.3.5 Оконечный мультиплексор

В режиме оконечного мультиплексора OGM-30E обеспечивает мультиплексирование до 30 аналоговых каналов и каналов передачи данных или 31 канал передачи данных. Платы аналоговых канальных интерфейсов обеспечивают подключение абонентских телефонных аппаратов, телефонных каналов связи между АТС с различными типами линейной сигнализации. Скорость передачи данных от 50 кбит/с до $n * 64$ кбит/с.

Вариант включения OGM-30E показан на рисунке 18.

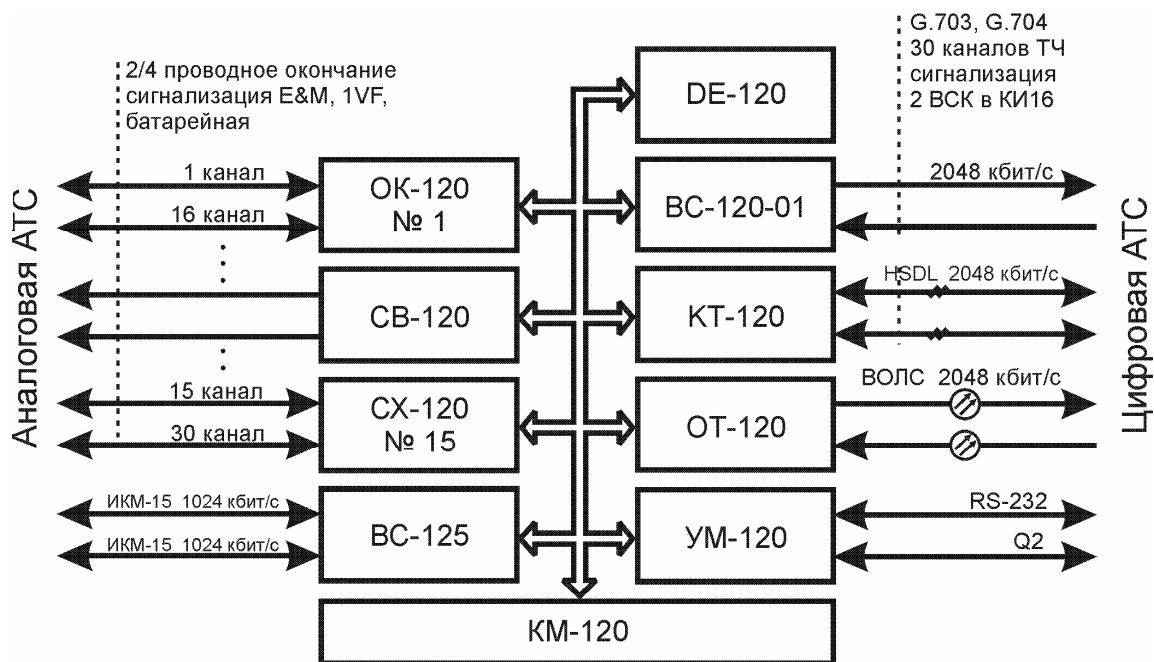


Рисунок 18 – Применение OGM-30 для организации соединительных линий между аналоговой АТС и цифровой АТС с преобразованием сигнализации

4.3.6 Мультиплексор ввода/вывода

В режиме работы мультиплексора ввода/вывода OGM-30E использует до 4 портов первичных потоков 2048 кбит/с. Мультиплексор имеет возможность ввести и вывести любые телефонные каналы в общем количестве до 30 с соответствующими сигнальными каналами или каналы передачи данных до 31 из любого первичного сигнала 2048 кбит/с. Присвоение номеров временным интервалам и назначение направления передачи осуществляется программным способом. Варианты ввода/вывода каналов показаны на рисунках 19а, 19б, 19в, 19г.

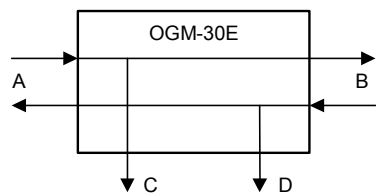


Рисунок 19а – Двухсторонний вывод каналов с транзитом без ввода

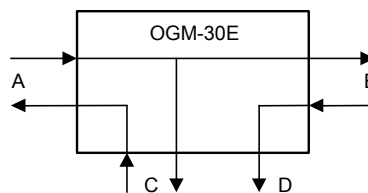


Рисунок 19б – Двухсторонний вывод каналов с односторонним вводом каналов со стороны С

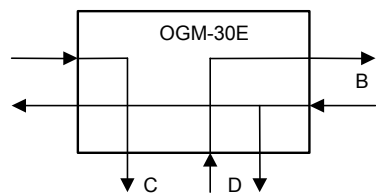


Рисунок 19в – Двухсторонний вывод каналов с односторонним вводом каналов со стороны D

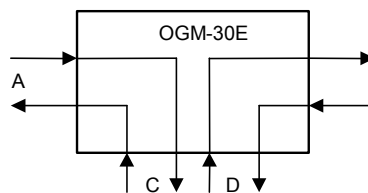


Рисунок 19г – Двухсторонний вывод и ввод каналов

4.3.7 Мультиплексор ввода/вывода с конференц-связью (групповыми каналами)

Оборудование обеспечивает организацию голосовой трехсторонней или более конференц-связи. Возможно установление до 20 трехсторонних конференц-связей. Суммирование сигналов производится цифровым способом, в результате эффект накопления шумов и перегрузка канала отсутствует. Схема трехсторонней конференц-связи показана на рисунке 20.

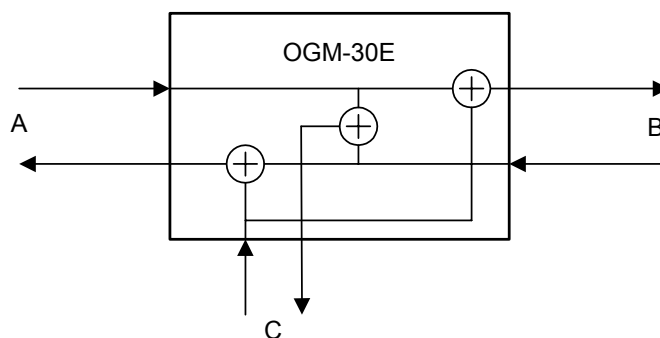


Рисунок 20 – Трехсторонняя конференц-связь

4.3.8 Кроссировочный мультиплексор

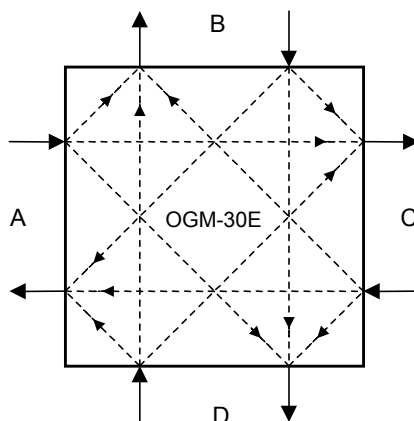


Рисунок 21 – OGM-30E в режиме кроссировочного мультиплексора

Оборудование осуществляет функции кроссировки каналов 64 кбит/с в пределах четырех первичных сигналов 2048 кбит/с. Одновременно возможно кроссирование сигнальных каналов. Конфигурация кроссирования производится на программном уровне F-интерфейс локального управления, через Sa-биты служебного канала в сигнале 2048 кбит/с или выделенный служебный канал 64 кбит/с. Схема кроссировочного мультиплексора показана на рисунке 21.

В зависимости от установленных плат и управляющего программного обеспечения аппаратура OGM-30E выполняет функции, перечисленные в таблице 4.

Таблица 4

Варианты комплектации аппаратуры	Кол-во	Функции, выполняемые аппаратурой OGM-30E
1) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата ОК-120 РТ5.248.063	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор-конвертор линейной сигнализации: <ul style="list-style-type: none"> ▪ «индуктивный» код; ▪ код «норка»; ▪ код для двух выделенных сигнальных каналов в КИ16 первичного сигнала Е1; ▪ код для двух выделенных сигнальных каналов; ▪ Е&М тип V; ▪ аналоговая R1, рек. Q.311 МСЭ-Т; ▪ цифровая R2, рек. Q.421 МСЭ-Т. Физический стык 2-, 4-проводный Е&М тип V
2) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата ОК-120 РТ5.248.063 плата DE-120 РТ5.231.052	1 1 до 15 1	Оконечный мультиплексор-конвертор линейной сигнализации: <ul style="list-style-type: none"> ▪ одночастотная 2600 Гц; ▪ одночастотная R1 2600 Гц, рекомендация Q.311 МСЭ-Т; ▪ двухчастотная 1200/1600 Гц АДАСЭ; ▪ двухчастотная 600/750 Гц ведомственная. Оконечный мультиплексор-конвертор регистровой сигнализации: <ul style="list-style-type: none"> ▪ импульсный набор номера; ▪ набор номера «2» из «6»; ▪ АОН; ▪ импульсный челнок; ▪ импульсный пакет 1 и 2; ▪ R2 MFC, рекомендация Q.421 МСЭ-Т; ▪ R2 DTMF
3) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата ОК-121 РТ5.248.066	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор-конвертор линейной сигнализации: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Е&М тип I; ▪ аналоговая R1, рекомендация Q.311 МСЭ-Т. Физический стык 2-, 4-проводный Е&М тип I
4) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата ОК-122 РТ5.248.067	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор-конвертор линейной сигнализации 2-проводной шлейфной
5) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата СХ-120 РТ5.248.080	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор-конвертор линейной батарейной сигнализации по 3-, 4-, 7-проводным исходящим линиям (СЛ, ЗСЛ)
6) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата СВ-120 РТ5.248.081	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор-конвертор линейной батарейной сигнализации по 3-, 4-, 7-проводным входящим линиям (СЛ, СЛМ)
7) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата ВС-125 РТ5.231.073	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор цифровых систем передачи ИКМ-15 (2 x 1024 кбит/с ⇔ 2048 кбит/с).
8) Блок OGM-12 РТ2.133.144 плата ВС-120 РТ5.231.050-01 плата АО-120 РТ5.248.064	1 1 до 15	Оконечный мультиплексор абонентских телефонных линий (телефонных аппаратов)

4.3.9 Состав блока OGM-12

Состав блока OGM-12 РТ2.133.144 приведён в таблице 5.

Таблица 5

Составные части	Децимальный номер	Количество	Выполняемые функции
1 Кассета с установленной кроссплатой	РТ4.212.005	1 шт.	Механическое крепление и электрическое соединение всех плат, устанавливаемых в блок, через шины печатной платы
2 Плата СН-120	РТ5.236.195	1 шт.	Преобразование напряжения 48 В или 60 В от первичного источника в стабилизированные напряжения +5 В и -5 В для питания плат, установленных в блок
3 Плата УМ-120	РТ5.235.222	1 шт.	Установка программы конфигурации блока, управление и мониторинг
4 Плата КМ-120	РТ5.231.051	1 шт.	Коммутация цифровых каналов 64 кбит/с, обработка различных протоколов сигнализации, генерация тактовых частот, формирование цифровых генераторов
5 Комплект монтажных частей	РТ4.075.054	1 к-т	Монтаж и обслуживание блока

4.3.10 Устройство и работа блока OGM-12

Конструкция блока

Блок выполнен в однорядном каркасе стандарта «19 дюймов», высотой 3U (291 мм). К каркасу крепится кроссплата с розетками, в которые устанавливаются вилки плат в соответствии с конфигурацией блока. С задней стороны каркас закрыт крышкой. С передней стороны каркаса установлена открывающаяся панель с прямоугольным вырезом, через который осуществляется индикация платы УМ-120 и осуществляется доступ к стыку с местной сетью обслуживания.

Подключение блока OGM-12 к внешним устройствам производится через разъёмы, установленные на лицевой стороне соответствующих плат.

Внешний вид блока с установленными в него платами СН-120, УМ-120 и КМ-120 без передней открывающейся панели изображен на рисунке 22.

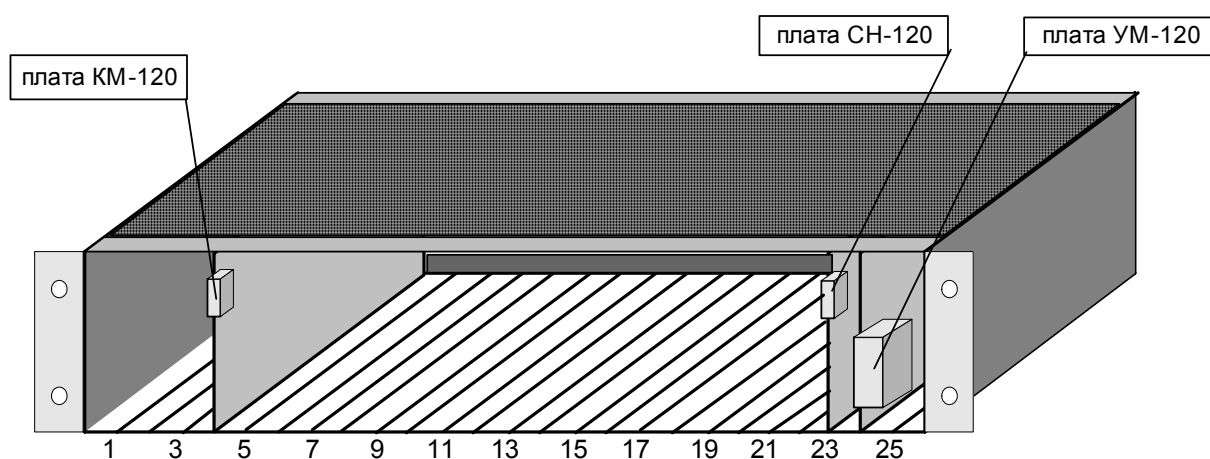


Рисунок 22 – Внешний вид блока OGM-12

Платы устанавливаются в блок OGM-12 в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

Место установки	Наименование платы	Децимальный номер
01	КТ-120	PT5.231.062
	ОТ-120	PT5.231.071
02	КТ-120	PT5.231.062
	ОТ-120	PT5.231.071
	BC-120	PT5.231.050
03	BC-120	PT5.231.050
	BC-121	PT5.231.072
04	КМ-120	PT5.231.051
05	DE-120	PT5.231.052
	КС-120	PT5.233.071
	OD-121	PT5.233.082
	BC-125	PT5.231.073
06	КС-120	PT5.233.071
	BC-125	PT5.231.073
	OD-121	PT5.233.082
	BC-125	PT5.231.073
07-21	OK-120	PT5.248.063
	OK-121	PT5.248.066
	OK-122	PT5.248.067
	OK-123	PT5.248.082
	CX-120	PT5.248.080
	CB-120	PT5.248.081
	AO-120	PT5.248.064
	CO-120	PT5.248.065
	OD-121	PT5.233.082
	BC-120	PT5.231.050
	BC-125	PT5.231.073
	22	CM-120
OD-121		PT5.233.082
BC-120		PT5.231.050
BC-125		PT5.231.073
23	CH-120	PT5.236.195
24	УМ-120	PT5.235.222
25	СК-120	PT5.235.224

4.3.11 Устройство и работа блока OGM-12

Функциональная схема блока OGM-12 изображена на рисунке 23.

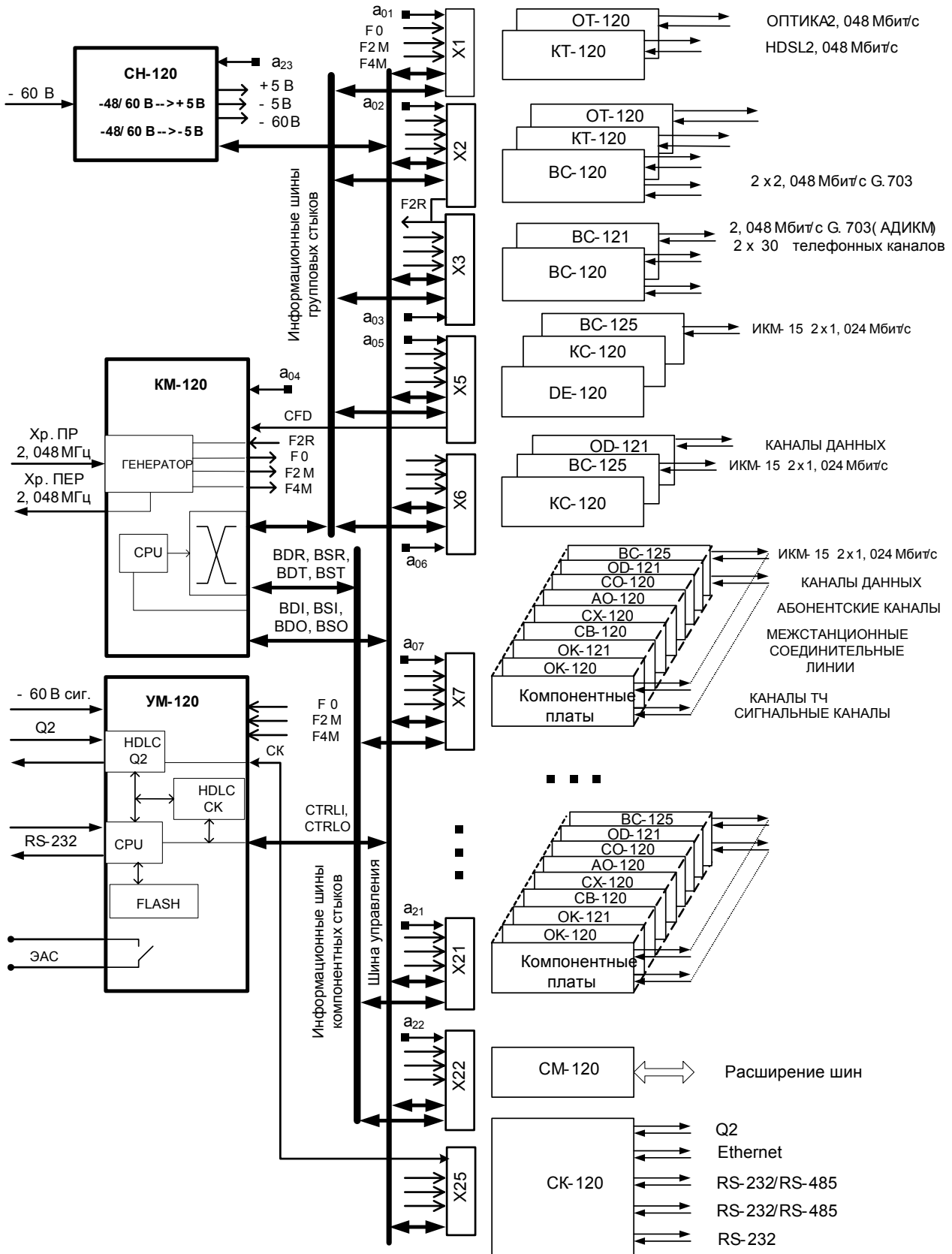


Рисунок 23 – Функциональная схема блока OGM-12

Функциональная схема блока содержит следующие составные части:

- СН-120 – плата преобразователей напряжения, обеспечивает стабилизированным напряжением плюс 5 В, минус 5 В платы, устанавливаемые в блок OGM-12;
- КМ-12 – плата коммутации, предназначена для перераспределения основных цифровых каналов (ОЦК) 64 кбит/с между групповыми сигналами Е1 и цифровыми групповыми сигналами от компонентных плат, а также обработку сигнальных каналов;
- УМ-120 – плата управления и мониторинга, предназначена для автоматического контроля плат, установленных в блок OGM-12, и передачу аварийных сигналов при нарушениях в работе блока и плат на устройство отображения;
- разъемы Х1-Х3, Х5-Х22, Х24, Х25, предназначенные для электрического соединения плат, устанавливаемых в блок в соответствии с требуемым проектом связи.

В блок устанавливаются следующие типы плат:

- ОТ-120 – плата линейного стыка с оптическим кабелем, предназначена для передачи информации со скоростью 2,048 Мбит/с;
- КТ-120 – плата линейного стыка с медным кабелем, предназначена для передачи информации со скоростью 2,048 Мбит/с в формате HDSL;
- ВС-120 – плата станционного стыка, предназначена для приема и передачи 1 или 2 первичных цифровых групповых сигналов электросвязи 2048 кбит/с (Е1) со структурой цикла, соответствующей рекомендации G.704 МСЭ-Т, а также приема – передачи контрольного сигнала CRC4 в составе сигналов Е1;
- ВС-121 – плата станционного стыка, предназначена для приема и передачи первичного цифрового группового сигнала электросвязи 2048 кбит/с, содержащего до 60 цифровых сигналов АДИКМ 32 кбит/с;
- КС-120 – плата конференц-связи, предназначена для организации цифровой конференц-связи с максимальным числом участников до 60;
- ДЕ-120 – плата цифровых фильтров, предназначена для детектирования и фильтрации до 8 частот диапазона 300...3400 Гц одновременно в 60 телефонных каналах;
- ОК-120 – плата окончаний канальных, предназначена для кодирования в формат ИКМ и декодирования из формата ИКМ аналоговых сигналов тональной частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц, и организации стыков сигнальных каналов E&M тип V;

- ОК-121 – плата окончаний канальных, предназначена для кодирования в формат ИКМ и декодирования из формата ИКМ аналоговых сигналов тональной частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц, и организации стыков сигнальных каналов E&M тип I;
- ОК-122 – плата 2-проводных окончаний канальных, предназначена для кодирования в формат ИКМ и декодирования из формата ИКМ аналоговых сигналов тональной частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц и организации шлейфовой сигнализации;
- ОК-123 – плата окончаний канальных, предназначена для кодирования в формат ИКМ и декодирования из формата ИКМ аналоговых сигналов тональной частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц, и организации стыков сигнальных каналов E&M типа II, III, IV;
- СВ-120 – плата устройства согласующего входящего для 3-, 4-, 7-проводной батарейной сигнализации с АТС декадно-шаговыми и координатными;
- СХ-120 – плата устройства согласующего исходящего для 3-, 4-, 7-проводной батарейной сигнализации с АТС декадно-шаговыми и координатными;
- АО-120 – плата абонентского окончания, обеспечивает организацию абонентских линий связи для двух телефонных аппаратов;
- СО-120 – плата станционного окончания, обеспечивает включение абонентских линий в абонентские комплекты АТС;
- ОД-121 – плата окончания данных, с установленными модулями из комплекта КОД-121, обеспечивает прием и передачу цифровых сигналов по двум каналам передачи данных асинхронных и синхронных со скоростью передачи от 50 бит/с до $n * 64$ кбит/с ($n = 1...31$) через стыки по рекомендациям V.24, V.35, V.36, X.21 МСЭ-Т, а также через сонаправленный стык 64 кбит/с по рекомендации G.703 МСЭ-Т;
- ВС-125 – плата внешнего стыка, предназначена для приема и передачи 1 или 2 цифровых групповых сигналов электросвязи в коде NRZ, AMI, HDB3 со структурой цикла ИКМ-15 и скоростью передачи 1024 кбит/с;
- СМ-120 плата соединителя межблочного, предназначена для расширения информационных шин и шин управления к другому блоку ОГМ-12 или субблоку;
- СК-120 – плата служебного канала, предназначена для организации удаленного управления и мониторинга через служебный канал связи с использованием протокола SNMP.

Блок OGM-12 содержит схемы контроля и сигнализации, предназначенные для автоматического контроля его работы и обнаружения неисправностей. Блок OGM-12 с установленной платой УМ-120 обеспечивает прием и преобразование информации, поступающей от системы управления, а также сбор и передачу информации о состоянии блока OGM-12 в систему управления. Данные между платой УМ-120 и остальными платами, установленными в блок OGM-12, передаются групповыми сигналами CTRL1, CTRL0.

Прием и обработка цифровых сигналов E1 происходит следующим образом. Цифровые сигналы E1 в квазитроичном коде поступают на плату ВС-120, где происходит преобразование квазитроичных сигналов в униполярный двоичный код, выделение тактовой частоты 2048 кГц и приведение скоростей входных цифровых сигналов 2048 кбит/с к тактовой частоте 2048 кГц, с которой функционируют электронные коммутаторы, расположенные на плате КМ-120. Плата ВС-120 передает в плату КМ-120 преобразованный сигнал E1 двумя групповыми сигналами BSR и BDR. Сигнал BDR содержит информацию всех канальных интервалов принимаемого сигнала E1, кроме КИ16; сигнал BSR содержит информацию КИ16 и служебную информацию. Передача цифровых сигналов E1 платой ВС-120 осуществляется аналогично. Плата ВС-120 принимает групповые сигналы BDT (информация ОЦК) и BST (сигналы управления и взаимодействия, служебная информация) от платы КМ-120, формирует групповой сигнал E1 в квазитроичном коде и передает в линию связи. Одна плата ВС-120 осуществляет обработку двух сигналов E1. При необходимости обработки трех и четырех сигналов E1, устанавливается вторая плата ВС-120.

Плата КМ-120 осуществляет цифровую обработку и контроль сигналов E1, принимаемых платой, обработку и преобразование по заданной программе поступающей информации о сигнальных каналах, перераспределение основных цифровых каналов (ОЦК) 64 кбит/с между групповыми сигналами BDR от плат ВС-120 и цифровыми групповыми сигналами BDI от компонентных плат. Плата КМ-120 может производить переключение 210 основных цифровых каналов 64 кбит/с, поступающих в составе четырех сигналов E1 (120 ОЦК) и 90 каналов от компонентных плат. Плата КМ-120 генерирует тактовые частоты F0, F2M, F4M, передает их ко всем платам, установленным в блок OGM-12, для синхронной обработки групповых сигналов BDR, BSR, BDT, BST, BDO, BSO, BDI, BSI, CTRL0, CTRL1.

Для обмена данными с компонентными платами, плата КМ-120 формирует групповые сигналы:

- BDI – приём информации ОЦК от компонентных плат;

- BDO – передача информации ОЦК в компонентные платы;
- BSI – прием информации сигнальных каналов;
- BSO – передача информации сигнальных каналов.

Синхронизация платы КМ-120 осуществляется:

- от внутреннего генератора;
- от источника внешней синхронизации с частотой 2,048 МГц (Хр. ПР);
- от выделенной тактовой частоты F2R (2,048 МГц) из любого принимаемого сигнала Е1.

Плата КМ-120 обеспечивает передачу хронизирующего сигнала 2048 кГц в коде NRZ (Хр. ПЕР) к внешнему потребителю.

Плата УМ-120 обеспечивает взаимодействие блока с сетью обслуживания через стык Q2. Установка рабочего программного обеспечения для конкретной конфигурации аппаратуры OGM-30 производится через последовательный интерфейс RS-232 на плате УМ-120. Экстренный аварийный сигнал (ЭАС) передается путем замыкания контактов реле к удаленному устройству аварийной сигнализации.

Все групповые сигналы BDR, BSR, BDT, BST, BDO, BSO, BDI, BSI, CTRL0, CTRL1 имеют одинаковую структуру цикла, показанную на рисунке 24.

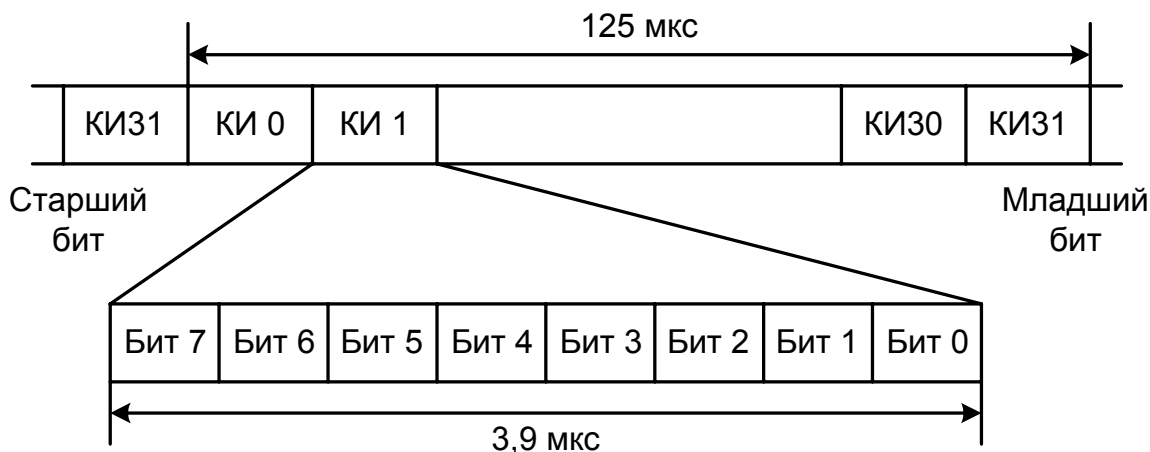


Рисунок 24 – Структура цикла групповых сигналов

Длительность цикла группового сигнала равняется 125 мкс; каждый цикл состоит из 32-х канальных интервалов (КИ); каждый КИ состоит из 8 бит.

Синхросигналы F0 (8 кГц), F2M (2,048 МГц), F4M (4,096 МГц) используются для синхронизации всех плат, установленных в блок OGM-12. Временные диаграммы синхросигналов F0, F2M, F4M и их соответствие формату групповых сигналов приведены на рисунке 25.

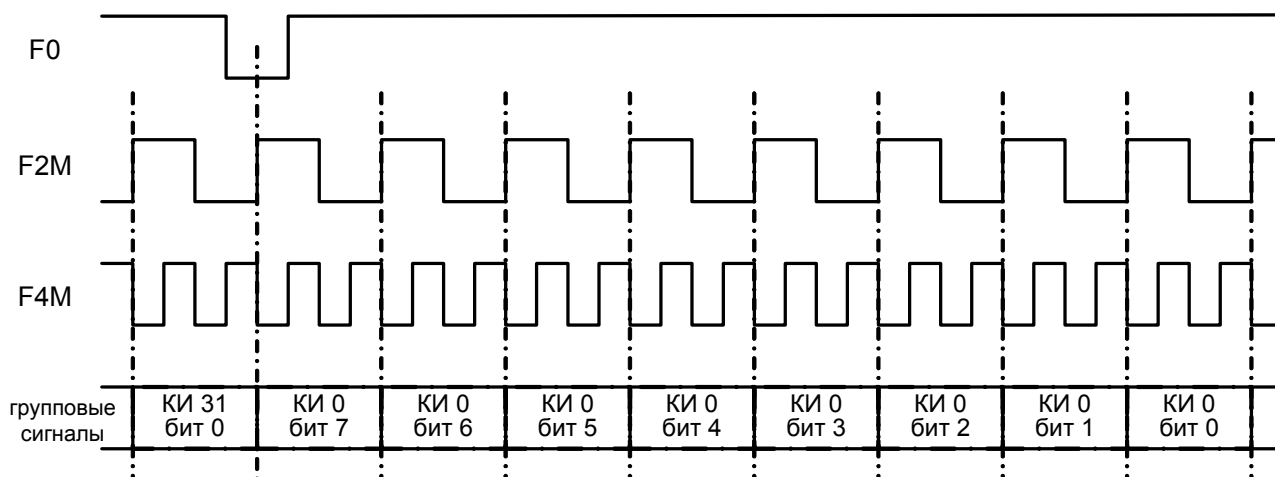


Рисунок 25 – Временные диаграммы синхросигналов

5 АППАРАТУРА ЦСП ИКМ 15/30М

5.1 Назначение

Аппаратура ИКМ-15/30М предназначена для организации соединительных линий между АТС по кабелям типа КСПП 1x4x0,9, КСПП 1x4x1,2 или ВТСП.

Аппаратура позволяет организовать:

- 15 или 30 каналов тональной частоты ТЧ, которые используются в качестве соединительных или абонентских линий. Каждый канал ТЧ имеет два вынесенных сигнальных канала для передачи сигналов управления и взаимодействия с АТС;
- четырехпроводный автоматический транзит;
- канал вещания второго класса взамен двух каналов ТЧ с возможностью дистанционного контроля вещания, осуществляемого по обратному направлению канала вещания;
- канал передачи дискретной информации со скоростью 8 кбит/с без занятия канала ТЧ. С помощью согласующего телеграфного устройства к этому каналу могут быть подключены до четырех телеграфных каналов со скоростью передачи до 200 бод;
- основные цифровые каналы (ОЦК) с пропускной способностью 64 кбит/с вместо каналов ТЧ;
- согласования последовательного порта компьютера с цифровой системой передачи ИКМ;
- непосредственное включение сельских абонентских телефонных аппаратов, городских таксофонов и междугородних монетных телефонных аппаратов в центральные сельские АТС.

5.2 Технические данные оборудования линейного тракта

Максимальная длина тракта – 65 км при одностороннем дистанционном питании и 130 км при организации двухстороннего дистанционного питания. Длина участка регенерации от 1 до 5,5 км для скорости 2048 кбит/с и от 1 до 7,5 км для скорости 1024 кбит/с.

Величина тока дистанционного питания – 55 мА ± 5мА.

Параметры сигнала на стыке с оборудованием формирования цифрового потока (ОЦП) в направлении передачи на нагрузке 120 Ом ± %:

- тип кода сигналов – ЧПИ или МЧПИ для скорости 2048 кбит/с или 1024 кбит/с;
- затухание пар цепей стыка на полутактовых частотах находится в пределах 0-6 дБ;
- амплитуда импульса – $3 \pm 0,3$ В;
- длительность импульса на уровне 0,5 с кодами ЧПИ и МЧПИ для скорости 2048 кбит/с – 244 ± 25 нс, для скорости 1024 кбит/с – 488 ± 25 нс;
- время нарастания и спада амплитуды импульса между уровнями 0,1 и 0,9 – не более 80 нс;
- отношение амплитуд импульсов положительной и отрицательной полярности в середине импульса по длительности – $1 \pm 0,05$;
- отношение длительности импульсов положительной и отрицательной полярности на уровне 0,5 – $1 \pm 0,05$.

Параметры сигнала на стыке с ОЦП в направлении приема на нагрузке 120 Ом ± 2 % соответствует вышеприведенным, с учетом изменений, обусловленных характеристиками соединительных пар.

Параметры линейного сигнала:

- тип кода – ЧПИ;
- затухание кабельных линий регенерационных участков на полутактовых частотах составляет 0-45 дБ.

Оконечное оборудование ИКМ 15/30М содержит цифровой унифицированный кабельный линейный тракт модернизированный – ЦУКАТ-М.

ЦУКАТ-М производит непрерывный контроль состояния линейного сигнала и отображение с помощью элементов сигнализации следующих состояний:

- пропадание сигнала на приеме и передаче;
- наличие ошибок в принимаемом сигнале;
- достоверность принимаемого сигнала;
- отклонение параметров вторичных источников питания за установленные нормы;

- получение сигнала вызова по каналу служебной связи.

В оборудовании ЦУКАТ-М имеется система телеконтроля, работающая с перерывом связи и позволяющая осуществлять:

- периодический контроль достоверности тракта по испытательному сигналу;
- организацию дистанционного контроля двенадцати участков регенерации методом шлейфования с оценкой качества передачи информации и изменением времени пробега сигнала по шлейфуемому участку;
- проверку исправности сигнальных ячеек блока окончаний линейного тракта;
- отыскание места обрыва кабеля при отсутствии дистанционного питания.

В оборудовании ЦУКАТ-М предусмотрен вывод сигналов аварийной и предупредительной сигнализации на стационарный разъем блока окончаний линейного тракта для работы стативной и рядовой сигнализации.

Аварийная сигнализация тракта срабатывает в следующих случаях:

- при пропадании входного линейного сигнала;
- при попадании выходного сигнала в линейную сторону;
- при снижении достоверности линейного сигнала до величины коэффициента ошибок $K_{\text{ош}} \geq 1 \cdot 10^{-4}$;
- при пропадании напряжений или отклонении номинальных значений напряжений вторичных источников питания и тока дистанционного питания более чем на $\pm 20 \%$.

Предупредительная сигнализация тракта срабатывает при снижении достоверности линейного сигнала до величины коэффициента ошибок $10^{-4} > K_{\text{ош}} > 10^{-6}$.

Система служебной связи ЦУКАТ-М обеспечивает полудуплексный канал связи по фантомной цепи кабеля. Система позволяет организовать связь между оконечными станциями, оконечными и промежуточными в пределах одного тракта, а также связь между центральным сетевым узлом и другими сетевыми узлами и промежуточными станциями на фрагменте сети ЦСП.

Максимальная дальность служебной связи – 65 км, а при организации пере приема – до 130 км. Система служебной связи между оконечными станциями без транзита работоспособна независимо от наличия дистанционного питания. Диапазон частот канала служебной связи – 300-3000 Гц. Частота тонального вызова – 525 ± 25 Гц. Для ведения служебных переговоров с промежуточной станцией имеется устройство служебной связи переносное с автономным питанием.

Электропитание аппаратуры ИКМ-15/30М

Питание аппаратуры ИКМ-15/30М осуществляется от стационарной батареи с номинальным напряжением минус 60 В и с допустимыми колебаниями напряжения от минус 48 В до минус 72 В.

Электропитание станции промежуточной (СП) осуществляется от блока окончания линейного тракта. Ток дистанционного питания (55 ± 5) мА.

5.3 Временной цикл (125 мкс) аппаратуры ИКМ-15/30М

Сверхцикл аппаратуры ИКМ-15/30М на 15 каналов ТЧ со скоростью передачи 1024 кбит/с 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 каналов ТЧ.

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 ДС; в третьем – авария 10^{-5} ; в четвертом – авария СЦС также передаются «1».

В нулевом канальном интервале (ОКИ) всех остальных циклов в первом разрядном интервале передается «0»; во втором и третьем канальных интервалах передаются информация первого и второго сигнальных каналов 1..15 каналов ТЧ; четвертый остается в резерве; в пятом разрядном интервале передается низкочастотная цифровая информация ЦИ-8 (телеграф); 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.

Сверхцикл аппаратуры ИКМ-15/30М на 30 каналов ТЧ со скоростью передачи 2048 кбит/с состоит из 16 циклов (с 0 по 15). Каждый цикл содержит 32 канальных интервала (ОКИ...31КИ). В нулевом канальном интервале (ОКИ) каждого второго цикла в разрядных интервалах со второго по восьмой передается сигнал цикловой синхронизации «0011011». В первом разрядном интервале во всех циклах передается информация ЦИ-8.

В циклах, где не передается цикловая синхронизация, во втором разрядном интервале передается «1», в третьем – сигнал аварии ДС (авария – «1»), в четвертом – сигнал аварии 10^{-5} (авария – «0»), в разрядных интервалах с пятого по восьмой передается «1».

В 16-ом канальном интервале (16КИ) нулевого цикла передается сверхциклового синхросигнал, представляющий собой комбинацию

«0000» и занимающий разрядные интервалы с первого по четвертый. В пятом, седьмом и восьмом разрядных интервалах – «1». В шестом разрядном интервале передается сигнал аварии СЦС (авария – «1»).

В 16 КИ всех остальных циклов сверхцикла в первом и втором разрядных интервалах передается информация первого и второго сигнальных каналов 1...15 каналов ТЧ, на пятом и шестом разрядном интервалах – информация сигнальных каналов 16...30 каналов ТЧ. В четвертом и восьмом разрядных интервалах передаются «1», а в третьем и седьмом передается «0».

Канальные интервалы 1КИ...15КИ и 17КИ...31КИ содержат восьмиразрядные кодовые комбинации ИКМ-сигналов 30 каналов ТЧ. Таким образом, в одном цикле передается 256 посылок, что соответствует скорости передачи 2048 кбит/с.

Структурная схема ИКМ 15/30М приведена на рисунке 26.

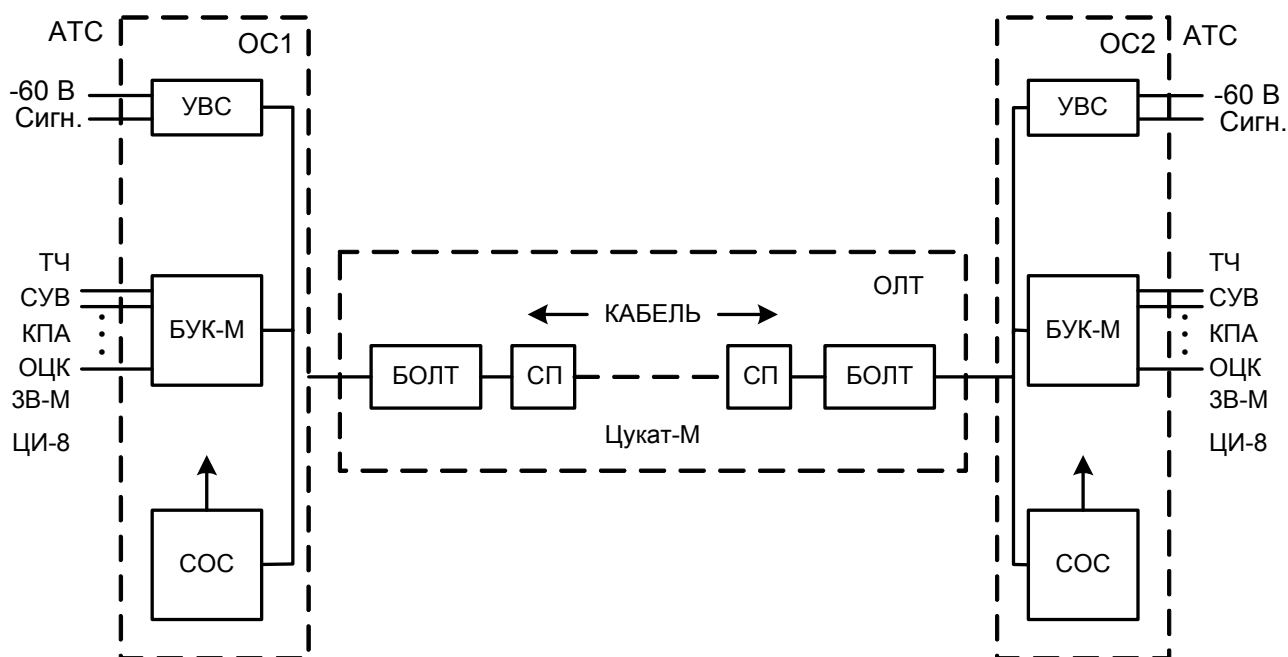


Рисунок 26 – Структурная схема ИКМ 15/30М

Состав изделия

В состав аппаратуры ИКМ-15/30М входят следующие составные части:

- станция оконечная (ОС) – 2 шт;
- ЦУКАТ-М 15/30 – 1 шт;
- комплекс развития оконечного оборудования;
- дополнительное оборудование.

Оконечная станция на 15 каналов ТЧ и на 30 каналов ТЧ включает:

- устройство ввода и сигнализации УВС;

- блок уплотнения и кодирования соответственно БУК-15М или БУК-30М;
- блок сервисного оборудования и сигнализации СОС;
- жгут межблочных соединений Жгут-М;
- комплект монтажных частей КМЧ.

Блок БУК-М основного оборудования составлен из ячеек:

- ЭП-МС (электропитание);
- ЦПП-350 (процессор цифрового приема и передачи);
- СМД (модулятор и демодулятор с сигнальными каналами двухпроводный с возможностью организации четырехпроводного транзита).

В состав ЦУКАТ-М входят:

- два блока окончаний линейного тракта БОЛТ, размещаемые вместе с оборудованием ОС;
- линейное оборудование – станции промежуточные СП, количество которых определяется количеством участков регенерации;
- блок сервисный БС;
- переносное устройство служебной связи УСС-П.

БОЛТ-1024 служит для передачи цифрового потока со скоростью 1024 кбит/с, БОЛТ-2048 – для передачи цифрового потока со скоростью 2048 кбит/с. СП также выпускается в двух исполнениях: СП-1024 и СП-2048.

Комплекс развития оконечного оборудования (ОС и БОЛТ) аппаратуры ИКМ-15/30М предназначен для доустановки на комплекте монтажных частей еще одной или двух ОС и соответственно одного или двух БОЛТ. При этом необходимо учитывать, что блок СОС рассчитан на обслуживание пяти линий связи, а УВС – трех.

В состав дополнительного оборудования аппаратуры ИКМ-15/30М входят следующие изделия:

- СМД-4М (модулятор и демодулятор с сигнальными каналами и четырехпроводным окончанием);
- АИ-4МК (абонентская исходящая);
- АВ-4МК (абонентская входящая), образующие комплект прямого абонента (КПА-М) для обеспечения четырех каналов прямого абонента вместо каналов ТЧ;
- ЦИ64М-1024 (цифровая информация) для организации вместо каналов ТЧ любого числа основных цифровых каналов (ОЦК) в ОС-15М;
- ЦИ64М-2048 для организации ОЦК в ОС-30М;
- ЗВ-М (звуковое вещание);
- RS-232 для согласования последовательного порта компьютера с цифровой системой передачи ИКМ;

- СУ-ТЛГ-М (согласующее телеграфное устройство).

В состав дополнительного оборудования также входят:

- блоки аппаратуры цифрового транзита каналов АЦТК-М, предназначенные для организации цифрового транзита и коммутации каналов и групповых потоков со скоростью передачи 1024 кбит/с и 2048 кбит/с на сетевых узлах первичной сети;
- устройство АДИКМ-30×2 (адаптивная ИКМ) для увеличения пропускной способности линейного тракта до 60 каналов;
- преобразователи кода ПК-01 ОМС/ЧПИ и ПК-02 ЧПИ/МЧПИ.

5.4 Блок БУК-М

5.4.1 Назначение

Блок уплотнения и кодирования (БУК) входит в состав оконечной станции (ОС) комплекса аппаратуры «Цифровая система передачи для сельской связи ИКМ-15/30» и предназначен для уплотнения кабельных линий связи между АТС методом импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) с временным делением.

БУК модернизированный (БУК-М) имеет два исполнения:

- БУК-15М, позволяющий организовать 15 каналов ТЧ с комплектом низкочастотных окончаний;
- БУК-30М, позволяющий организовать 30 каналов ТЧ с комплектом низкочастотных окончаний.

Каждый канал ТЧ оборудован двумя вынесенными сигнальными каналами (СУВ) для передачи сигналов управления и взаимодействия с АТС.

БУК-15М и БУК-30М обеспечивают в каждом канале ТЧ:

- оконечный режим с двухпроводным окончанием канала с уровнями 0 дБ на входе и минус 7 дБ или минус 3,5 дБ на выходе;
- режим междугороднего четырехпроводного транзита с уровнем минус 3,5 дБм на входе и на выходе;
- оконечный режим с четырехпроводным окончанием с уровнями минус 13 дБм на входе и 4 дБм на выходе.

БУК-М позволяет организовать вместо двух каналов ТЧ канал вещания второго класса.

БУК-М позволяет организовать вместо каналов ТЧ основные цифровые каналы (ОЦК), а также подключение прямых абонентов.

Электропитание БУК-М осуществляется от стационарной батареи с напряжением минус 60 В и с допустимыми отклонениями напряжения от минус 36 В до минус 72 В.

Структурная схема БУК-М представлена на рисунке 27.

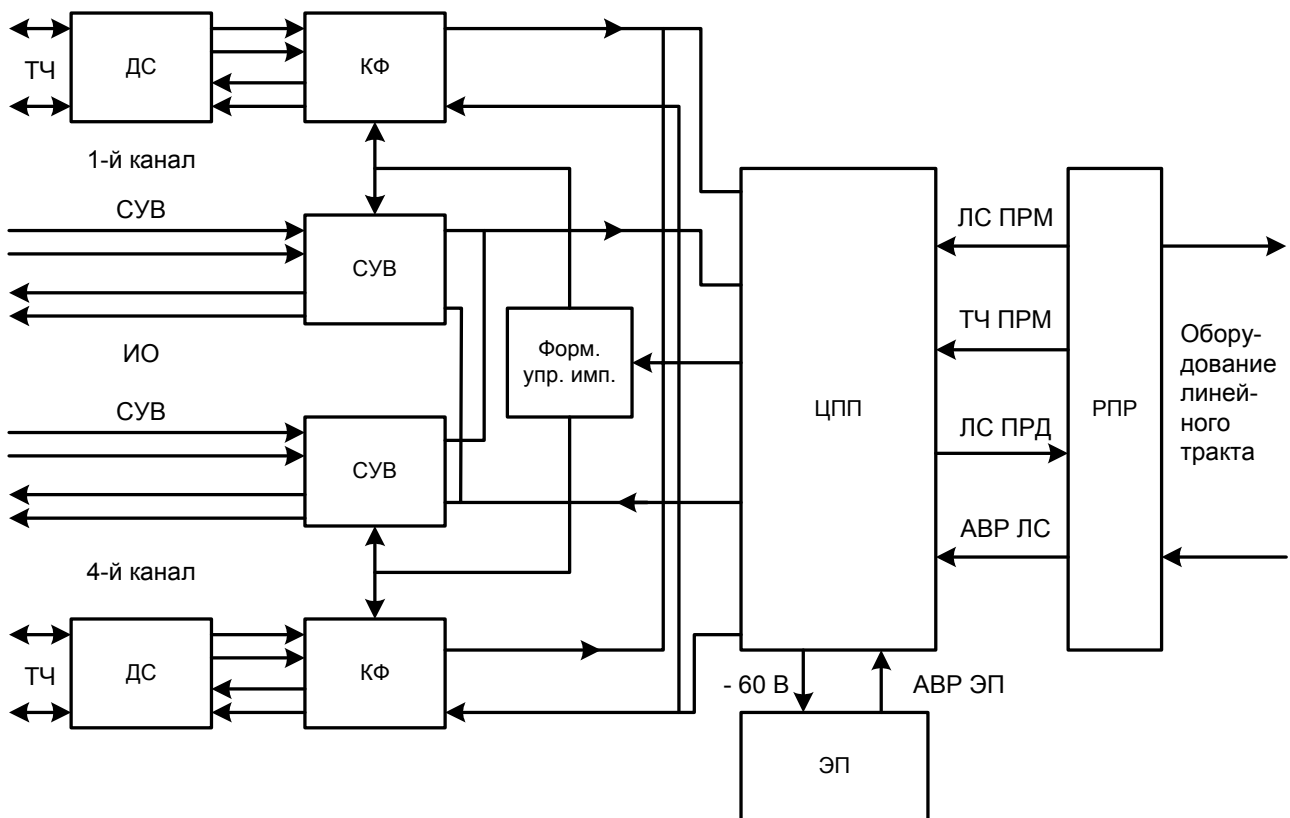


Рисунок 27 – Структурная схема БУК-М

Сигналы от абонентов через внешние разъемы поступают в ячейки индивидуального оборудования (ИО), в основной комплектации БУК-М это ячейки МД-СК, где находятся дифференциальная система (ДФС) для канала ТЧ и аналого-цифровой преобразователь, в качестве которого используется однокорпусная БИС, включающая в себя кодер, декодер и приемо-передающий фильтр – кофидек (КФ).

Одна ячейка МД содержит оборудование для четырех каналов ТЧ и восьми сигнальных каналов (СУВ). Ячейка содержит формирователь управляющих сигналов (ФУС). Фильтр на передаче ограничивает полосу поступающего сигнала от 300 до 3400 Гц.

В кофидеке осуществляется аналого-цифровое преобразование, в результате которого на его выходе в момент, указанный ФУС, формируется восьмиразрядная кодовая комбинация. На месте каждого разряда в зависимости от результата кодирования может появляться логическая «1» (импульс) или логический «0» (пауза). Всего кодовых комбинаций, состоящих из восьми разрядов, может быть 256. Каждая кодовая комбинация является результатом измерения одного мгновенного значения аналогового сигнала. Кодовые комбинации на выходе каждого кодирующего устройства появляются только в определенное время, задаваемое ФУС. Выходы всех кофидеков объединяются в шину и подаются на вход ячейки ЦПП. На эту же входную шину поступает групповой сигнал СУВ ПРД.

Поскольку ячейка МД содержит дифсистему, переключатель в четырехпроводный транзит и два сигнальных потока, БУК-М выполняет также функции блока и низкочастотных окончаний (БНО).

В ячейке ЦПП обеспечивается прием цифрового потока низкочастотной и служебной информации (ЦИ-8, СУВ), формирование выходного ИКМ-потока, формирование тактовых частот, необходимых для работы вещания (ВЩ), основного цифрового канала (ОЦК) и комплекта прямого абонента (КПА) в случае установки соответствующих ячеек дополнительного оборудования вместо основных ячеек МД.

ЦПП обеспечивает возможность работы в ведомом и ведущем режиме.

Групповой сигнал, куда вписывают также сигнал аварийной сигнализации для дальней станции (ДС), цикловую синхронизацию и сигнал сверхцикловой синхронизации, с ЦПП поступает на передний разъем ячейки регенератора (РПР), где формируется линейный код ЧПИ или МЧПИ, и после этого подается на оборудование линейного тракта.

Приемная часть ячейки РПР содержит регенератор цифрового сигнала, приходящего из линейного оборудования. При этом из приходящего из линии линейного сигнала с кодом ЧПИ или МЧПИ выделяется тактовая частота и цифровой групповой сигнал, которые подаются на приемную часть ЦПП.

ЦПП содержит приемник циклового синхросигнала и генераторное оборудование приема. Приемник синхросигнала находит в групповом сигнале регулярно следующую синхрокомбинацию и осуществляет запуск (формирование) генераторного оборудования приема. ЦПП осуществляет выделение информации для декодирующих устройств кофидека, для сигнальных каналов, низкочастотной цифровой информации, а также аварийной информации с ДС.

Информация для сигнальных каналов, информация для ЗВ-М, ЦИ-64, КПА, ЦИ-8, а также тактовые частоты, необходимые для работы этих устройств, подаются на внешний разъем ЦПП.

Групповой сигнал приема поступает сразу на входы всех КФ. Под воздействием ФУС осуществляются цифро-аналоговые преобразования и формируется аналоговый сигнал с полосой частот от 300 до 3400 Гц, который поступает на ДФС.

Ячейка питания (ЭП) обеспечивает необходимым электропитанием ячейки БУК-М.

6 СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30/60

6.1 Назначение

Аппаратура ИКМ 30/60 позволяет сформировать 30 каналов со скоростью передачи данных 64 Кбит/с или 60 каналов со скоростью 32 Кбит/с, в составе группового сигнала со скоростью передачи 2048 Кбит. Аппаратура ИКМ 30/60 работает по кабелям типа КСПП, МК ПАБ. Каналы, в зависимости от комплектации аппаратуры, можно использовать для:

- организации соединительных линий между АТС;
- организации прямых абонентских линий;
- увеличения числа каналов существующих ИКМ 15/30 в два раза до шестидесяти каналов с АДИКМ-кодированием при сохранении архитектуры линейных НУП и скорости передачи группового сигнала 2048 Кбит/с;
- выделения части каналов (1...30 каналов) на промежуточных станциях (до 3-х);
- уплотнения абонентских линий;
- организации одновременной передачи по одной паре четырёх телефонных номеров;
- передачи данных со скоростью передачи 64 (128) Кбит/с.

6.2 Технические данные каналов тональной частоты

Аппаратура ИКМ-30/60 обеспечивает работу с существующими типами декадно-шаговых и координатных АТС и в зависимости от типа РСЛ обеспечивает следующие параметры при работе:

- эффективно передаваемая полоса частот находится в пределах от 300 до 3400 Гц.
- окончательный режим работы с двухпроводным окончанием канала с уровнем 0 дБ на входе и минус 7 дБ на выходе;
- четырехпроводный автоматический транзит;
- межканальное переходное влияние аналоговых каналов на дальнем конце на частоте 1020 Гц с уровнем дБМО не превышает – 65 дБМО (G.712)

6.3 Технические данные сигнальных каналов

Каждый канал ТЧ аппаратуры ИКМ-60 имеет два выделенных сигнальных канала для передачи сигналов управления и взаимодействия АТС (2 ВСК), параметры сигнальных каналов при работе ИКМ:

- искажение длительности импульсов сигналов управления и взаимодействия АТС, передаваемых по сигнальным каналам, не превышает ± 2 мс на выходе сигнального канала;

- предельно-допустимый ток через электронные контакты на выходе сигнальных каналов составляет 120 мА при питании от минуса стационарной батареи;
- помехи от сигнализации на соседний канал при подаче на сигнальный канал импульсного сигнала 10 Гц с импульсным коэффициентом 50/50 имитирующий набор номера не превышает – 50 дБмО (G 712).

6.4 Параметры группового сигнала (определены рекомендациями G 703)

Параметры группового сигнала:

- стыковая цепь должна представлять собой симметричный кабель с волновым сопротивлением 120 Ом;
- номинальная форма импульсов сигнала стыка – прямоугольная и соответствует рекомендациям G 703;
- номинальное напряжение импульса стыкового сигнала любой полярности на нагрузочном сопротивлении – 3 В. (G 703);
- пиковое напряжение в отсутствии импульса стыкового сигнала на нагрузочном сопротивлении – 0,3 В;
- выходное сопротивление – $(120 \pm 20 \%)$ Ом;
- номинальная длительность импульса – 244 нс;
- максимальное отношение амплитуд импульсов разной полярности на уровне половины номинальной амплитуды – от 0,95 до 1,05.

Устройство обеспечивает прием сигнала, ослабленного линией передачи не более чем на 42 дБ на частоте 1024 КГц. На первичном стыке используется сигнал HDB-3 или AMI.

6.4 Электропитание аппаратуры ИКМ-30/60

Электропитание аппаратуры ИКМ-30/60:

- питание аппаратуры ИКМ-30/60 осуществляется от стационарной батареи с номинальным напряжением минус 60 В и с допустимыми колебаниями напряжения от минус 48 В до минус 72 В;
- электропитание станции промежуточной осуществляется в ИКМ-30/60: дистанционно через линейный тракт. Ток дистанционного питания 50 мА \pm 5 мА.

6.5 Составные части оборудования

Блок канальных окончаний для сельских соединительных линий, предназначен для работы с РСЛЮ, РСЛВ, РСЛИ.

Блок выполнен на 5 каналов и для каждого канала обеспечивает:

- разделение сигналов приема и передачи с помощью дифференциальной системы;

- прямое и обратное цифро-аналоговое преобразование;
- прием сигнала «Транзит» и отключение дифференциальной системы;
- формирование двух сигнальных каналов для передачи сигналов взаимодействия АТС.

Комплект прямого абонента рассчитан на 5 абонентов и состоит из двух плат. Комплект формирует все необходимые сигналы взаимодействия для непосредственного включения абонентских телефонных аппаратов в центральную станцию.

Плата транскодера обеспечивает преобразование каналов со скоростью 64 Кбит/с в каналы со скоростью передачи 32 К Бит/с.

Плата служебной связи обеспечивает полудуплексную служебную связь по фантомной цепи между пунктами, которая используется во время монтажа оборудования и во время линейных работ.

Плата источника питания обеспечивает питание устройства.

Плата дистанционного питания НРП:

- формирует цепи питания током 50 мА для дистанционного питания необслуживаемых регенерационных пунктов.
- обеспечивает возможность управления шлейфом каждого из подключенных НРП.

Система телеконтроля работает по принципу поочередного образования шлейфа по цифровому сигналу в каждом регенераторе. Команды на образование шлейфа передаются током дистанционного питания в режиме переполюсовки напряжения дистанционного питания. В режиме телеконтроля полярность подключения источника дистанционного питания меняется на противоположную, при этом сразу устанавливается шлейф по цифровому сигналу в первом от станции регенераторе. Шлейф может устанавливаться двух видов – с выхода направления А на выход направления Б в микросхеме, а также с выходного трансформатора направления А на входной трансформатор направления Б (выбирается переключателями). Включение шлейфа в последующих регенераторах производится по команде с обслуживаемой станции. Команда на образование шлейфа передается с помощью модуляции тока дистанционного питания. Для переключения шлейфа из контролируемого регенератора в последующий регенератор производится две модуляции тока (изменение от номинальной величины до половины номинальной величины и обратно) длительностью 0,62 с каждая с интервалом 0,62 с между ними.

Плата регенератора обеспечивает:

- восстановление ослабленного сигнала не более чем на 42 дБ, в тракте приёма;
- защиту от перенапряжений на линии, грозозащиту;

- контроль за состоянием канала связи;
- подключение к каналу служебной связи.

Аварии в обоих направлениях и режимы диагностики индицируются светодиодами. С передней панели с помощью микропереключателей позволяет управлять шлейфом для контроля и нахождения поврежденного регенерационного участка.

Оборудование линейного тракта ОЛТ предназначено для организации до двух линейных трактов первичной системы передачи стандарта G. 703.

ОЛТ обеспечивает:

- сигнализацию и телеконтроль линейного тракта;
- формирование и подачу дистанционного питания на НРП;
- организацию канала служебной связи по фантомной цепи.

ОЛТ состоит из:

- платы служебной связи – до 2 шт.;
- платы источника питания – 1 шт.;
- платы удаленного питания НРП – до 2 шт.;
- платы регенератора – до 2 шт.

Оборудование ИКМ-60

ИКМ-60 представляет собой оборудование первичного группообразования. Аппаратура предназначена для организации от 5 до 60 каналов скоростью 32 Кбит/с в групповом потоке скоростью 2048 Кбит/с стандарта G. 703. ИКМ-60 состоит из:

- блок формирования потока, индикации, и защиты – 1 шт.;
- блок канальных окончаний или комплект прямого абонента – до 12 шт.;
- плата служебной связи – 1 шт.;
- плата источника питания – 1 шт.;
- плата дистанционного питания НРП – 1 шт.;
- плата транскодера – 1 шт.

По функциональным возможностям и характеристикам аналогична ИКМ-30, за исключением следующих:

- максимальное количество канальных окончаний – 60 каналов;
- потребляемая мощность 75 Вт;
- масса ИКМ-30 не более 20 кг.

Транскодер

Транскодер предназначен для преобразования двух групповых потоков стандарта G. 703 со скоростью 2048 Кбит/с, каждый из которых состоит из 30 каналов со скоростью передачи 64 Кбит/с, в один групповой поток со скоростью передачи 2048 Кбит/с, состоящего из 60 каналов со скоростью передачи 32 Кбит/с.

Транскодер состоит из:

- блока формирования потока, индикации, и защиты – 3 шт.;
- платы источника питания – 1 шт.;
- платы транскодера – 1 шт.

При необходимости комплектуется:

- платой служебной связи – 1 шт.;
- платой дистанционного питания НРП – 1 шт.

НРП (ПРС-2048)

ПРС-2048 предназначен для приёма, передачи и восстановления электрических и временных параметров сигнала в системах цифровой передачи информации типа ИКМ-30, ИКМ-15 и подобных.

Есть возможность подключения устройства служебной связи, управления шлейфом для дистанционного контроля и нахождения повреждённого регенерационного участка. По заказу возможны следующие способы управления шлейфом:

- кодом «2 из 8» (по заказу);
- полярным кодом;
- местное управление шлейфом;
- контроль вскрытия крышки (по заказу);
- возможность эксплуатации устройства под давлением (по заказу).

Технические характеристики:

- два варианта питания: местное или дистанционное;
- ток дистанционного питания – 55 мА;
- автоматическая регулировка напряжения в приёмном тракте;
- восстановление сигнала ослабленного линией передачи не более чем на 42 дБ на частоте 1024 КГц;
- выходной и входной импеданс – 120/75 Ом;
- оборудован эффективной современной защитой от грозы и перенапряжения.

Параметры передающего и приёмного тракта соответствуют требованиям G703 рекомендаций ИТУ-Т.

ПРС оборудован световой индикацией для облегчения ремонта и отображения режима работы.

6.6 Транскодер АДИКМ 30х2

6.6.1 Назначение АДИКМ 30х2

Транскодер АДИКМ 30х2 предназначен для увеличения пропускной способности цифровых линейных трактов Е1 (2048 кбит/с) за счет преобразования двух 30-канальных потоков ИКМ со скоростью 2048 кбит/с каждый в один 60-канальный поток АДИКМ со скоростью 2048 кбит/с и обратного преобразования.

6.6.2 Технические характеристики

В 30-канальных потоках 2048 кбит/с телефонные сигналы кодируются методом ИКМ в соответствии с Рек. G.711 со скоростью передачи 64 кбит/с в каждом канале.

Телефонные каналы в 60-канальном потоке АДИКМ образуются путем вторичного кодирования цифровых сигналов ИКМ со скоростью 64 кбит/с методом адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (АДИКМ) в соответствии с Рек. G.721, G761. В результате такого преобразования скорость передачи в телефонных каналах составляет 32 кбит/с.

АДИКМ 30x2 обеспечивают организацию:

- 60 телефонных каналов, кодированных методом АДИКМ;
- двух вынесенных сигнальных каналов для каждого телефонного канала для передачи сигналов управления и взаимодействия с АТС;
- канала передачи дискретной информации со скоростью 8 кбит/с без занятия телефонных каналов;
- основных цифровых каналов (ОЦК) с пропускной способностью 64 кбит/с каждый вместо двух телефонных каналов АДИКМ с обходом преобразования АДИКМ.

Через транскодер могут проходить каналы ТЧ, образованные методом ИКМ со скоростью 64 кбит/с (прозрачные каналы) каждый вместо двух телефонных каналов АДИКМ.

АДИКМ 30x2 предназначен для работы при температуре окружающей среды от 5 до 40⁰С и относительной влажности 80 %.

60-канальный транскодер АДИКМ 30x2 входит в состав дополнительного оборудования аппаратуры ИКМ15/30, может работать совместно с аппаратурой ИКМ-30, ИКМ-30-4, ИКМ-15/30М, а также электронными АТС по цифровым линейным трактам 2048 кбит/с.

6.6.3 Структурная схема АДИКМ 30x2

Структурная схема АДИКМ 30x2 приведена на рисунке 28.

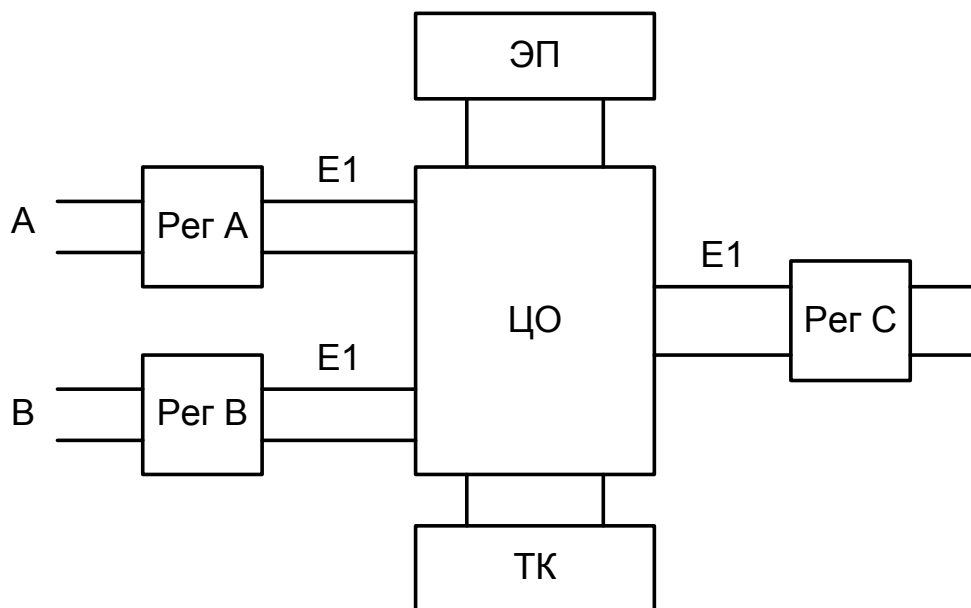


Рисунок 28 – Структурная схема АДИКМ 30х2

Сигналы потоков А и В поступают на регенераторы Рег (А) и Рег (В), каждый из которых представляет собой стационарный регенератор с устройством выделения тактовой частоты. Сигналы с регенераторов поступают на устройство цифровой обработки (ЦО), представляющее собой восьмиразрядный ИКМ-процессор.

ЦО управляется постоянным запоминающим устройством (ПЗУ). ЦО осуществляет управление транскодером АДИКМ-ИКМ передачи и приема (ТК), где происходит преобразование сигнала ИКМ со скоростью 64 кбит/с в сигналы АДИКМ со скоростью 32 кбит/с.

В регенераторе Рег (С), в который поступает преобразованный групповой сигнал, формируется сигнал для передачи в линию.

При необходимости в каждом потоке А и В возможно организовать до восьми каналов ТЧ, со скоростью 64 кбит/с, в обход транскодера (прозрачные каналы – каждый вместо двух телефонных каналов АДИКМ).

Синхронизация передающей части транскодера может производиться линейным сигналом потока А или В (ведомый режим), а также собственным или внешним генератором. Приемная часть транскодера должна синхронизироваться по принимаемому линейному сигналу потока С.

При установке транскодера на действующей линии АДИКМ находится в ведомом режиме от уже существующего потока А и ведущим по отношению к вновь подключаемому потоку В. Противоположный транскодер синхронизируется по принимаемому линейному сигналу потока С, а все остальные системы ИКМ переводятся в режим синхронизации по принимаемому сигналу.

Во вновь организуемой линии связи ведущим может быть любой из потоков.

В АДИКМ-30х2 предусмотрен контроль всех трех потоков: А, В и С. Для каждого из них обеспечено включение аварийной сигнализации следующих видов:

- пропадание линейного сигнала на приеме (ЛС);
- пропадание синхронизации (СИНХР);
- превышение коэффициента ошибок в линейном сигнале величины (10^{-3});
- шлейф (ШЛ).

Для потока С:

- превышение коэффициента ошибок в линейном сигнале величины (10^{-5});
- авария противоположного направления (ДС);

Кроме того, есть сигнализация о пропадании питания (ЭП), о пропадании внешней синхронизации (ВС), сигнализация общая об аварии (АВ) и сигнализация о включении АДИКМ (РАБ). Сигнализация осуществляется светодиодами, расположенными на лицевой панели ячейки АДИКМ.

Конструктивно АДИКМ-30х2 выполнен в виде автономного модуля настольного или настенного исполнения и может размещаться в блоке БУК-М.

7 ТЕХНОЛОГИЯ xDSL

7.1 Классификация технологий xDSL

В технологии xDSL значение x означает то или иное решение технологии DSL.

DSL (Digital Subscriber Loop) – высокоскоростная цифровая передача по абонентской линии. Обеспечивает возможность увеличения скорости передачи в прямом направлении (сеть – пользователь) и в обратном (пользователь – сеть), при этом возможна одновременная передача «голос + данные» (Data Over Voice).

Технология xDSL классифицируется:

1 По отдельным средам передачи:

- радиопередача;
- оптоволокно;
- ЛЭП;
- медные линии.

Наиболее широко используется технология xDSL на медных линиях.

2 По способу передачи:

- симплекс: передача данных в прямом и обратном направлениях (прямое направление – от АТС к абоненту, обратное – от абонента к АТС) осуществляется по каждой из пар кабеля только в одну сторону;
- дуплекс: передача данных происходит по одной паре кабеля в

прямом и обратном направлениях. Разделение осуществляется с помощью эхокомпенсации и/или частотного разделения;

- полудуплекс: передача в обоих направлениях происходит только по одной паре кабеля, поочередно.

В зависимости от времени, необходимого для передачи в обоих направлениях, различают xDSL с разделением по постоянной и переменной временной сетке.

3 При дуплексной передаче различают:

- симметричные xDSL (SDSL-Symmetrical Digital Subscriber Line – симметричная цифровая линия) обеспечивают высокоскоростную (100...2048 кбит/с и выше) двустороннюю передачу по одной витой паре. Скорости передачи в обоих направлениях равны;
- асимметричные xDSL (ADSL-Asymmetric DSL – асимметричная цифровая абонентская линия) обеспечивают высокоскоростную (до 8,2 Мбит/с и выше) двустороннюю передачу по одной витой паре. Скорости передачи в обоих направлениях различны.

Симметричные технологии xDSL

Симметричные технологии xDSL (SDSL) (приведены на рисунке 29) различают по числу пар используемых проводов.

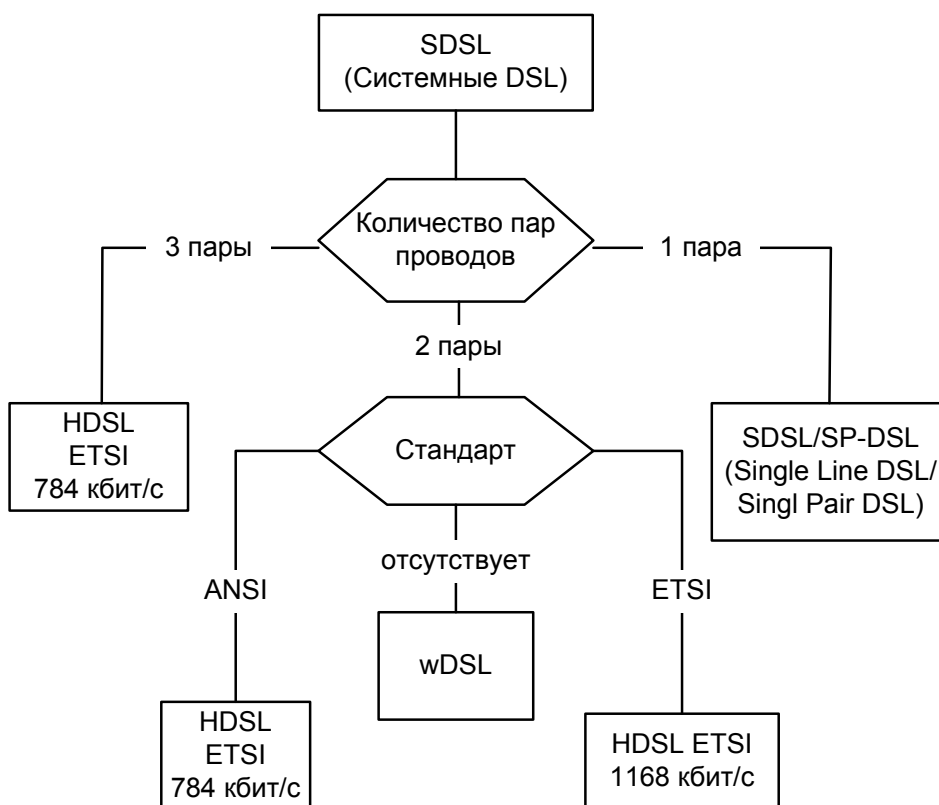


Рисунок 29 – Симметричные SDSL

При использовании трех пар проводов применяют технологию HDSL со скоростью передачи 784 кбит/с, нормированную в ETSI – European Telecommunications Standards Institute (Европейский Институт Телекоммуникационных Стандартов).

При использовании двух пар проводов применяют технологию HDSL, нормированную в ETSI и ANSI American National Standards Institute – Американский Институт по Телекоммуникационным Стандартам.

При использовании одной пары проводов применяют технологию SDSL/SP-DSL, ненормирована.

Технологии HDSL позволяют организовать передачу данных с различными скоростями передачи. Скорости передачи в процессе работы могут оставаться постоянными или изменяться.

В зависимости от технического использования возможна ручная или автоматическая установка оптимального значения скорости.

В HDSL используются различные типы линейных кодов, оборудование применяют на существующих электрических кабелях с медными жилами для симметричной дуплексной безрегенерационной передачи цифровых потоков на большие расстояния в частном и деловом секторах.

Асимметричные технологии xDSL

Если первоначально развитие симметричных технологий xDSL, в основном, было ориентировано на потребности делового сектора, то асимметричные технологии xDSL были предназначены для частного сектора. Такой подход определил существенную разницу в требованиях к ним. В частном секторе было необходимо, чтобы уже существующая телефонная служба (ТФОП – телефонная сеть общего пользования или BRI-ISDN – базовый (основной) доступ цифровой сети интегрального обслуживания) – продолжала работать и при переходе на ADSL. Иначе говоря, помимо телефонной службы требовалось обеспечить и передачу данных. С целью разделения речевых сигналов и сигналов передачи данных введены частотные разветвительные фильтры (разветвители – сплиттеры). На рисунке 30 приводится схема построения сетей с использованием асимметричных технологий xDSL.

ТФОП – телефонная сеть общего пользования; QAM – квадратурно-амплитудная модуляция; CAP – амплитудно-фазовая модуляция без передачи несущей; DMT – дискретная многочастотная модуляция.

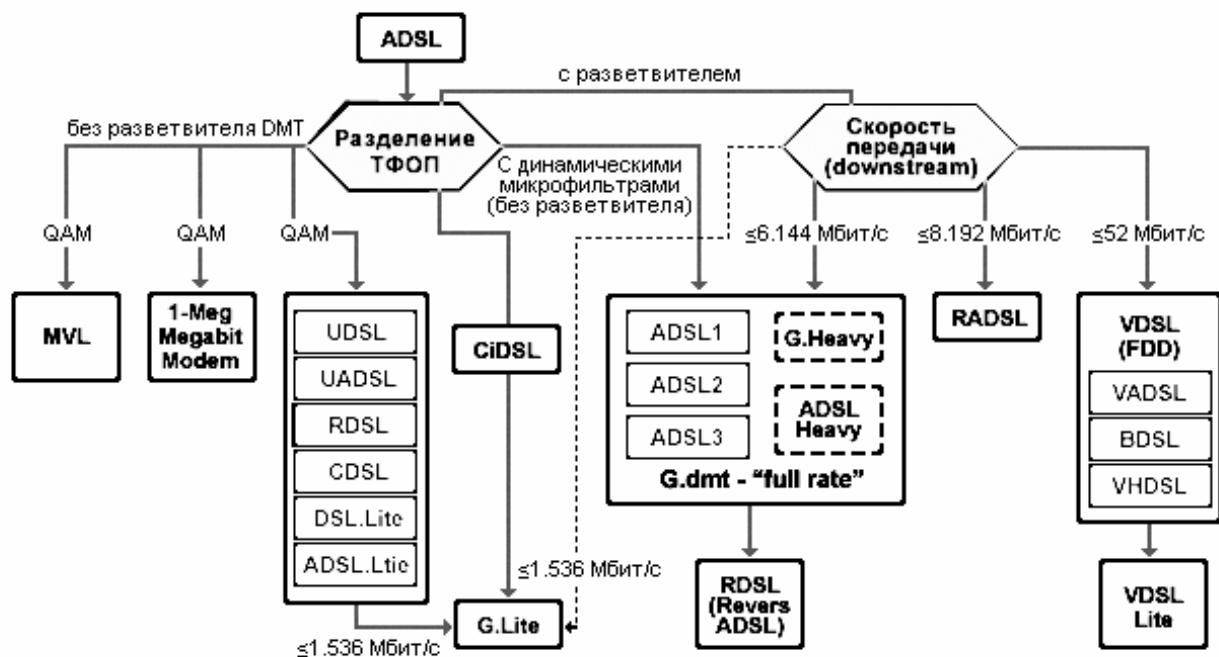


Рисунок 30 – Асимметричные технологии xDSL

Асимметричные технологии xDSL с разветвителем

ADSL (т. н. Full-rate ADSL) – самая известная технология xDSL – первоначально требовала наличия разветвителя. По этой технологии максимальная скорость передачи в прямом направлении достигала 6,144 Мбит/с и в обратном – 0,640 Мбит/с. Разделение осуществлялось с помощью эхокомпенсации или методом частотного разделения. Разветвители необходимы как со стороны АТС, так и со стороны потребителя.

Во многих решениях ADSL можно регулировать скорость передачи автоматически или вручную в зависимости от качества линии: на линиях хорошего качества можно использовать более высокие скорости передачи. Различные виды технологии ADSL могут использовать различные диапазоны частот.

Например:

RADSL (Rate Adaptive DSL) – скорость передачи $\leq 8,192$ Мбит/с. Тип кода CAP – Carrierless Amplitude Phase Modulation – амплитудно-фазовая модуляция без несущей.

VDSL на основе FDD (Frequency Division Duplex – дуплексный канал с частотным разделением) – скорость передачи ≤ 52 Мбит/с.

Асимметричные технологии xDSL без разветвителя

Установка разветвителей связана с большими затратами, поэтому разработаны технологии ADSL без разветвителей, которые нормирова-

ны в МСЭ – Международном союзе электросвязи, рекомендации G.992.1. Они получили название G. Lite, их скорости $\leq 1,5$ Мбит/с.

В технологиях ADSL без разветвителей используются различные виды модуляции:

- QAM – квадратурно-амплитудная модуляция;
- CAP – амплитудно-фазовая модуляция без передачи несущей;
- DMT – дискретная многочастотная модуляция.

7.2 Преимущества технологии ADSL

- Телефон всегда свободен: технология ADSL предлагает возможность избавиться от трудной дилеммы и даёт возможность телефонного разговора и передачи данных одновременно.
- Соединение постоянно: используя подключение к Интернету по технологии ADSL, Вы получаете возможность круглосуточного доступа к мировым информационным ресурсам без периодического «дозвона». ADSL предоставляет круглосуточный «On-Line» доступ к Интернет, помогая Вам сэкономить время и деньги.
- Высокая скорость доступа: Технология ADSL обеспечивает скоростные преимущества, позволяющие передавать информацию к абоненту со скоростью до 8 Мбит/с.

7.3 Линейные коды в оборудовании сети абонентского доступа

7.3.1 Требования к линейным сигналам

В различных видах аппаратуры xDSL, применяемой на сетях абонентского доступа, используют различные виды линейных сигналов.

Основные требования к линейным сигналам:

- энергетический спектр передаваемых цифровых сигналов должен быть сосредоточен в относительно узкой полосе частот при отсутствии постоянной составляющей, что уменьшает межсимвольные искажения, повышает взаимозащищенность, обеспечивает возможность совместной параллельной работы с аналоговыми системами передачи. Это позволяет увеличить длину участка регенерации и повысить верность передачи;
- возможность контроля над коэффициентом ошибок без перерыва связи.

Для формирования линейных сигналов в аппаратуре сетей абонентского доступа используют различные виды кодов:

- двухполярный трехуровневый с инверсией полярности сигнала на каждой второй передаваемой единице (ЧПИ – код с чередованием полярности импульсов или AMI (Alternate Mark Inversion));

- код с высокой плотностью единиц КВП- n (HDB- n – High Density Bipolar Code of n -th order) – неалфавитный код, называемый также модифицированным кодом ЧПИ (МЧПИ);
- алфавитные коды 3В2Т, 4В3Т, 2В1Q;
- многоуровневые коды.

7.3.2 Алфавитные коды

В алфавитных кодах статистические свойства исходной информации меняются путем деления этой информации на группы, а затем преобразования по определенному правилу (алфавиту) этих групп, в результате чего получаются группы символов кода с другим основанием счисления и с новым числом тактовых интервалов. При этом передаются признаки границ символов кода для правильного восстановления на приеме.

В цифровых системах передачи для абонентских линий (АЛ) часто используются алфавитные коды 3В2Т, 4В3Т, 2В1Q. Первое число в названии обозначает число символов в кодируемой двоичной группе. Буква В (Binary) показывает, что для представления исходной информации используется двоичное счисление. Следующее число – это число символов в группе сформированного кода. Последняя буква в обозначении кода показывает кодовое основание счисления: Т (Ternary) – троичное, Q (Quaternary) – четверичное.

Алгоритм формирования кода 4В3Т на 2 моды приведен в таблице 7.

В этом коде для передачи 16 возможных комбинаций из четырех двоичных символов может быть использовано 27 комбинаций из трех троичных символов, исключая комбинацию вида 000 (для обеспечения передачи хронизирующей информации в линейном сигнале), получается 26 комбинаций, из которых шесть комбинаций имеют цифровую сумму, равную 0, десять комбинаций имеют положительную цифровую сумму (от +1 до +3) и десять – отрицательную цифровую сумму (от -1 до -3).

Поскольку двоичные комбинации из 4 бит требуют только 16 из 26 возможных троичных трехсимвольных комбинаций, то существует значительная гибкость в выборе троичных комбинаций. При этом, в основном, используются комбинации со сбалансированной текущей суммой.

В приведенном примере (таблица 7) в коде 4В3Т используется два троичных алфавита, называемых модами. Положительная мода $M+$ содержит троичные комбинации с нулевой и положительной цифровой суммой. Отрицательная мода M содержит комбинацию с нулевой и отрицательной суммой. Комбинации с ненулевой цифровой суммой, соответствующие одной комбинации двоичного кода, взаимно инверсны в обеих модах.

Таблица 7

Символы двоичного кода	Символы троичного кода	
	М+	М-
0000	0 -1 +1	0 -1 +1
0001	-1 +1 0	-1 +1 0
0010	-1 0 +1	-1 0 +1
0011	+1 -1 +1	-1 +1 -1
0100	0 +1 +1	0 -1 -1
0101	0 +1 0	0 -1 0
0110	0 0 +1	0 0 -1
0111	-1 +1 +1	+1 -1 -1
1000	0 +1-1	0 +1 -1
1001	+1 -1 0	+1 -1 0
1010	+1 0 -1	+1 0 -1
1011	+1 0 0	-1 0 0
1100	+1 0 +1	-1 0 -1
1101	+1+1 0	-1 -1 0
1110	+1+1-1	-1 -1 +1
1111	+1+1+1	-1 -1 -1

При преобразовании кодов после передачи каждой троичной группы определяется значение текущей цифровой суммы. Если текущая сумма равна нулю или отрицательна, то передается комбинация положительной моды; если текущая сумма положительна, то передается комбинация отрицательной моды. Величина текущей цифровой суммы в моменты окончания кодовой группы может принимать значения -2 , -1 , 0 , $+1$, $+2$, $+3$.

В приёмном оборудовании для обратного преобразования необходима синхронизация по кодовым группам. Признаком неправильной синхронизации может служить обнаружение запрещенной комбинации 000, а также появление значений текущей цифровой суммы $+4$ или -3 в моменты, определяемые приемным оборудованием как соответствующие последним символам в группах троичного кода. Ошибки при передаче троичной последовательности в линейном тракте обнаруживаются при помощи контроля пределов сужения текущей цифровой суммы.

Пример формирования линейного сигнала в коде 4ВЗТ приведен на рисунке 31.

В момент начала работы кодера всегда передается комбинация положительной моды.

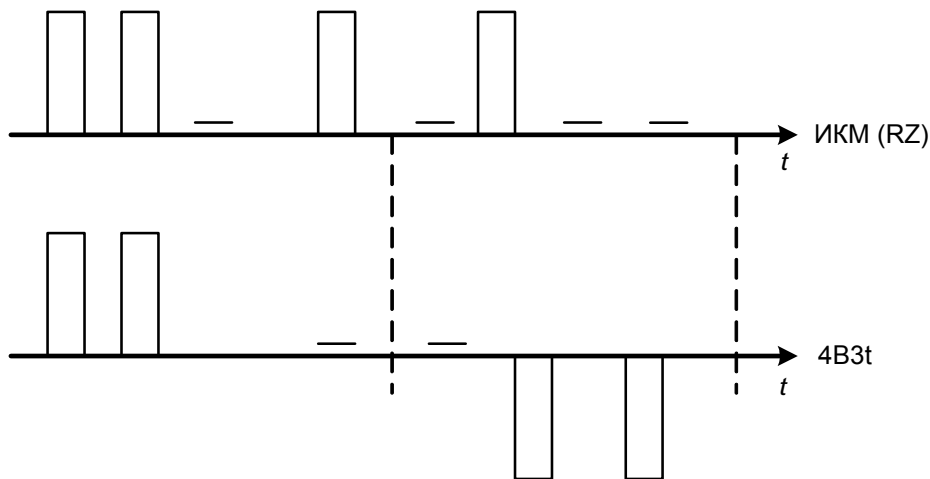


Рисунок 31

Достоинства кода

- 1 Меньшее время обнаружения нарушения синхронизма по кодовым группам (по сравнению с кодом HDB-3).
- 2 Более высокая точность контроля верности передачи.
- 3 Более узкий энергетический спектр.
- 4 Повышается отношение сигнал/шум либо увеличивается длина регенерационного участка.

Недостатки кода

Усложняются схемы преобразователей кодов передачи и приема.

7.3.3 Многоуровневые коды

Многоуровневые коды по сравнению с двухуровневыми позволяют получить более высокие скорости передачи сигналов в линии. Одним из таких кодов является код 2В1Q. В нем определены четыре уровня напряжения. Каждое из четырех значений преобразуется в один из четырех уровней. Алгоритм формирования кода приведен в таблице 8.

Таблица 8

Значение кода	Уровень напряжения
1 0	+ 2,5 В
1 1	+ 0,833 В
0 1	- 0,833 В
0 0	- 2,5 В

Положительная полярность означает, что первый бит равен 1, а отрицательная, что он равен 0. Во втором бите передается 1 при низких уровнях напряжения и 0 при высоких уровнях.

При этом способе кодирования требуются дополнительные меры для борьбы с длительными последовательностями одинаковых пар бит, так как при этом сигнал превращается в постоянную составляющую.

Достоинства кода

- 1 Высокая скорость передачи информации по абонентской линии.
- 2 Простота реализации, а значит, экономичность.

Недостатки кода

- 1 Мощность передатчика должна быть выше, чем у кода АМІ (ЧПИ), чтобы четыре уровня четко различались приемником на фоне помех.
- 2 Необходимость дополнительных мер для борьбы с длинными последовательностями одинаковых пар бит во избежание появления в спектре сигнала постоянной составляющей.

Код 2В1Q целесообразно использовать на абонентских линиях, организованных на качественных кабелях, что снижает влияние различных мешающих факторов. Кроме того, код можно использовать на небольших длинах абонентских линий.

Для передачи потока 2 Мбит/с наибольшая дальность работы достигается при использовании трех пар медного кабеля (около 4 км по жиле 0,4 мм); наименьшая – при работе по одной паре (менее 2 км).

Пример формирования линейного сигнала в коде 2В1Q приведен на рисунке 32.

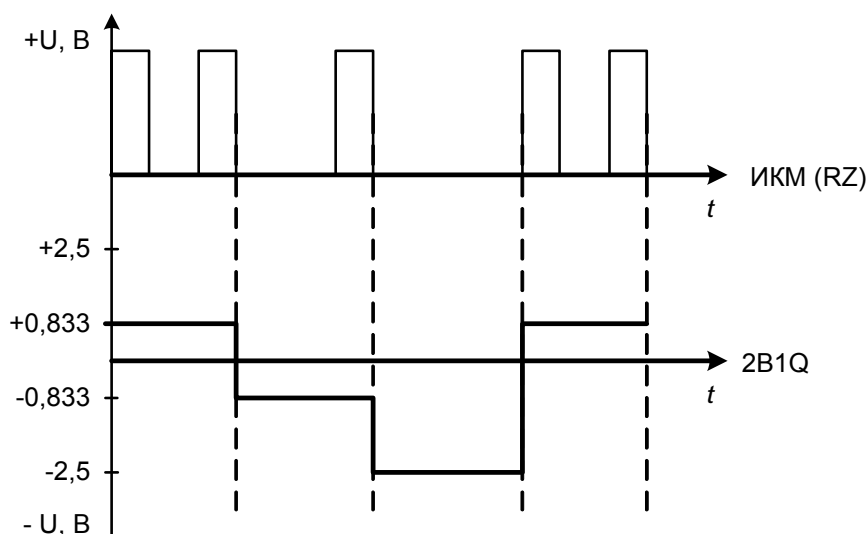


Рисунок 32 – Пример формирования кода 2В1Q

7.3.4 Технология CAP

Модуляция CAP сочетает в себе последние достижения модуляционной технологии и микроэлектроники. Модуляционная диаграмма сигнала CAP напоминает диаграмму сигнала модемов для телефонных каналов, работающих по протоколам V.32 или V.34. Несущая частота модулируется по амплитуде и фазе, создавая кодовое пространство с 64 или 128 состояниями. При этом перед передачей в линию сама несущая, не передающая информацию, но содержащая наибольшую энер-

гию, подавляется в сигнале, а затем восстанавливается микропроцессором приемника. Соответственно 64-позиционной модуляционной диаграмме, сигнал CAP-64 передает 6 бит информации в каждый момент времени. Модуляция CAP-128 применяется в системах SDSL, имеет 128-позиционную модуляционную диаграмму и соответственно передает 7 бит за один такт. Итогом повышения информативности линейного сигнала является существенное снижение частоты сигнала и ширины спектра, что в свою очередь, позволило избежать диапазонов спектра, наиболее подверженных различного рода помехам и искажениям. На рисунке 33 показан спектр сигнала CAP.

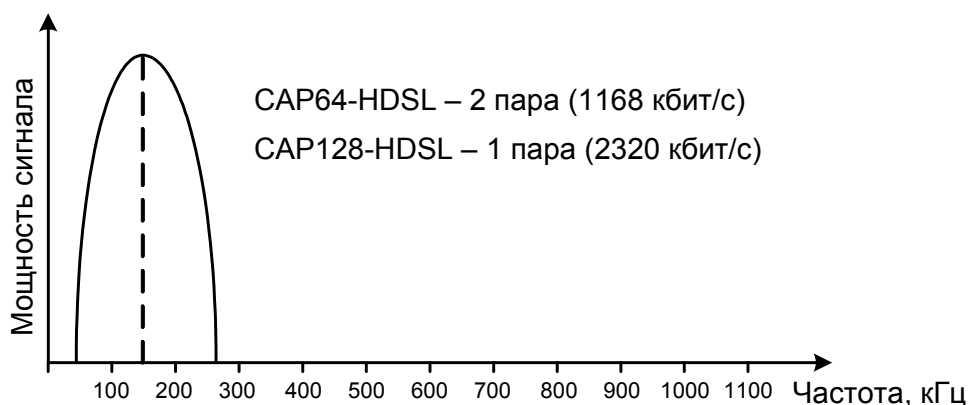


Рисунок 33 – Спектральная диаграмма кодов CAP

Для объяснения достоинств модуляции CAP на рисунке 34 наложены спектры сигналов с кодом HDB-3 (технология, применяемая ранее для создания линий E1, в частности используемая в линейных трактах систем типа ИКМ-30), 2B1Q и CAP.

Из сравнительного анализа спектров видны *положительные особенности систем HDSL*, основанных на CAP-модуляции.

1 *Максимальная дальность работы аппаратуры.* Затухание в кабеле пропорционально частоте сигнала, поэтому сигнал CAP, спектр которого не имеет составляющих выше 260 кГц, распространяется на большую дистанцию, чем сигнал с кодом 2B1Q или HDB-3. При условиях, что выходная мощность в системах HDSL ограничена стандартами (+13,5 дБ), а повышение чувствительности приемника выше -43 дБ не представляется возможным из-за шумов, снижение частоты линейного сигнала ведет к выигрышу по дальности работы систем HDSL на основе технологии CAP по сравнению с 2B1Q. Для систем, работающих по двум парам, этот выигрыш составляет 15-20 % (для жилы 0,4-0,5 мм), для систем SDSL (то есть работающих по одной паре) – 30-40 %. Если сравнить дальность передачи (без регенераторов), достигаемую в системах HDSL на основе технологии CAP, с дальностью работы линейного тракта ИКМ-30 (HDB-3) выигрыш составит 350-400 %.

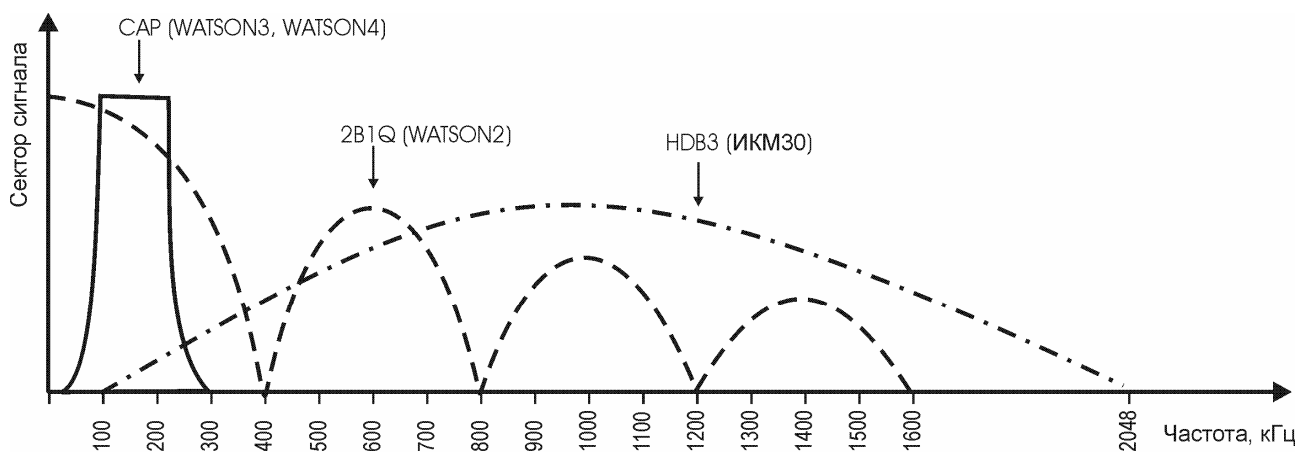


Рисунок 34 – Спектры сигналов HDB-3, 2B1Q, CAP, КВП-3

2 *Высокая помехоустойчивость и нечувствительность к групповому времени задержки.* Ввиду отсутствия в спектре высокочастотных (свыше 260 кГц) и низкочастотных составляющих (ниже 40 кГц), технология CAP не чувствительна к высокочастотным наводкам (перекрестные помехи, радиоинтерференция) и импульсным шумам, а также к низкочастотным наводкам и искажениям, например, при пуске мощных электрических машин (ж/д, метро) или электросварке. Поскольку ширина спектра составляет лишь 200 кГц, не проявляются эффекты, вызываемые групповым временем задержки.

3 *Минимальный уровень создаваемых помех и наводок на соседние пары.* Сигнал CAP не вызывает интерференции (взаимовлияния) и помех в спектре обычного (аналогового) телефонного сигнала благодаря отсутствию в спектре составляющих ниже 4 кГц. Это снимает ограничения по использованию соседних пар для обычных (аналоговых) абонентских или межстанционных соединений.

4 *Совместимость с аппаратурой систем передачи, работающих по соседним парам.* Большинство аналоговых систем передачи абонентских и соединительных линий используют спектр до 1 МГц. Системы с модуляцией CAP могут вызывать наводки на частотные каналы в диапазоне 40-260 кГц, однако остальные каналы не подвергаются какому-либо влиянию, соответственно есть возможность использования аппаратуры HDSL CAP в одном кабеле с аналоговой аппаратурой систем передачи. Системы же HDSL с модуляцией 2B1Q вызывают наводки фактически на все частотные каналы аналоговых систем передачи, нагружающих соседние пары, поэтому, как правило, не могут быть использованы в одном кабеле с аналоговой аппаратурой систем передачи.

Недостатки кодов технологии CAP

1 Недостаточная электромагнитная совместимость с другими технологиями.

2 Как и в технологии 2B1Q так и в технологии CAP дальность их работы на скорости 2 Мбит/с недостаточна.

3 Технологии CAP не позволяют предоставлять услуги по 100 процентам существующих абонентских пар.

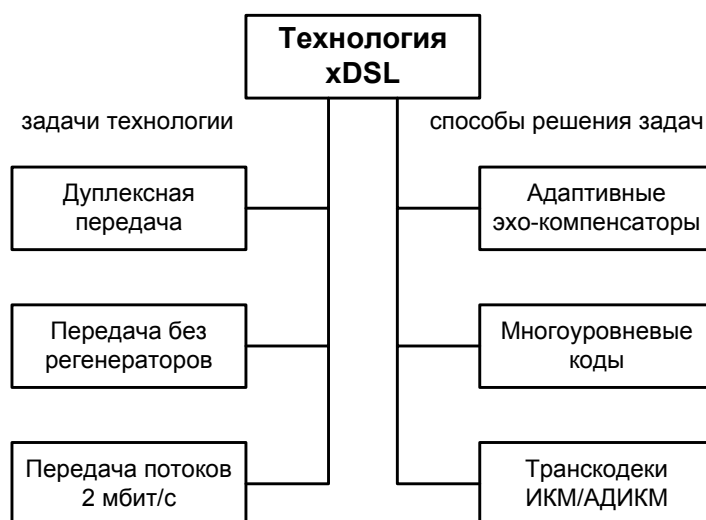
В технологии SDSL (G. shdsl) применяется новый тип линейного кодирования TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation) – импульсная амплитудно-фазовая модуляция с кодированием треллис.

Суть данного метода кодировки состоит в увеличении числа уровней (кодовых состояний) с 4 (как в 2B1Q) до 16 и применением специального механизма коррекции ошибок.

7.4 Организация цифровых абонентских линий

7.4.1 Технология HDSL

В абонентской распределительной сети распределения для организации ГАЛ (групповых абонентских линий) ранее использовали ЦСП ИКМ-30 (ИКМ-30-4), что требовало включения в ГАЛ необслуживаемых промежуточных регенерационных пунктов (НПП), что усложняло эксплуатацию. С целью увеличения длины участка регенерации используют оборудование xDSL, в частности HDSL (High bit rate Digital Subscriber Loop).



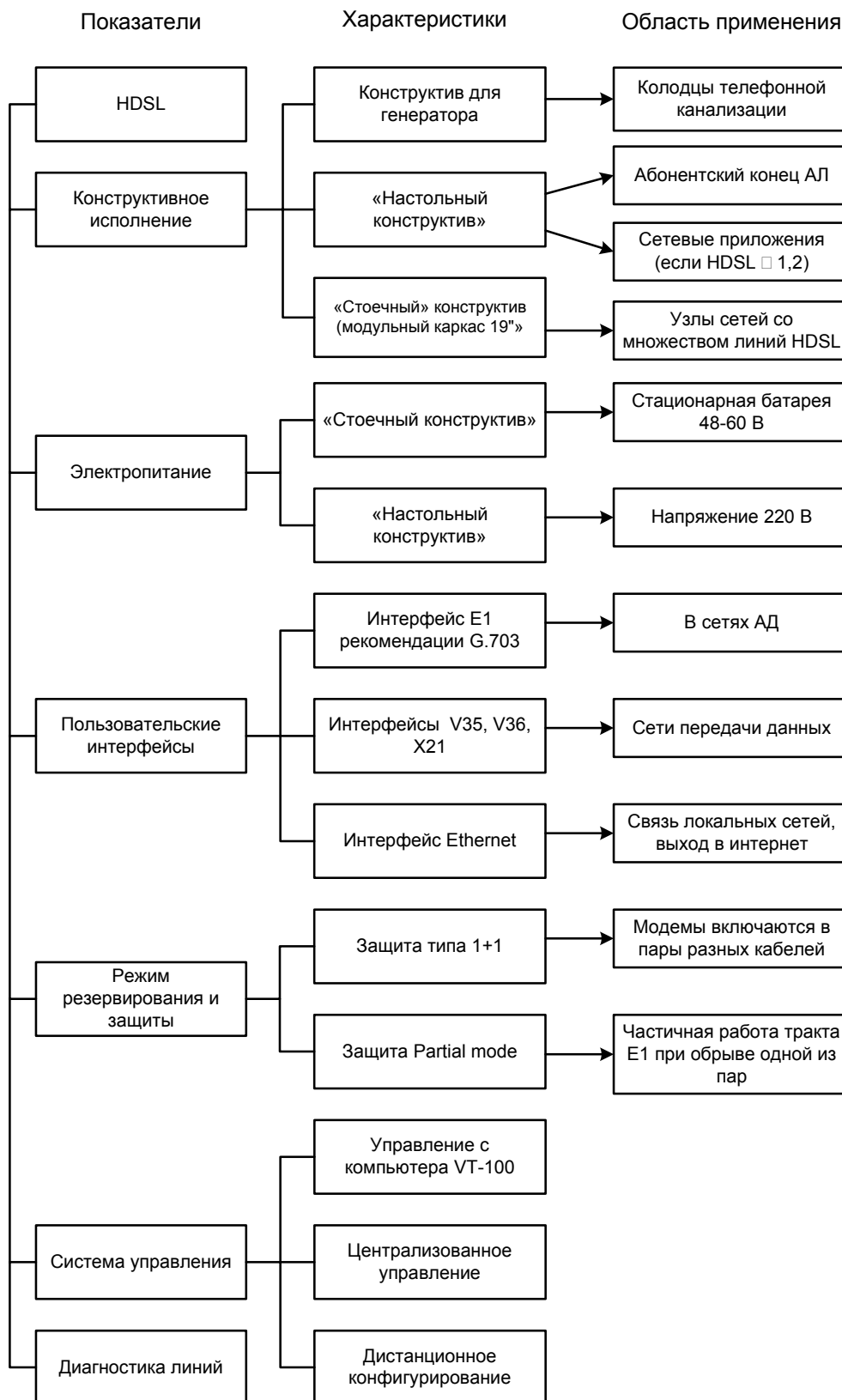
Для возможности дуплексной передачи потоков 2 Мбит/с используют:

- Адаптивные эхо-компенсаторы. Метод позволяет уменьшать тактовую частоту линейного сигнала. Используется в сетях ISDN.
- Многоуровневые коды.
- Транскодеки ИКМ/АДИКМ. Транскодеки трансформируют стандартный сигнал ИКМ со скоростью 64 кбит/с в сигнал АДИКМ со скоростью 32 кбит/с или 16 кбит/с на передаче и осуществляют обратные преобразования на приеме. За счет транскодирования

тактовая частота цифрового сигнала уменьшается в 2 или 4 раза. Используются в оборудовании абонентского уплотнения.

7.4.2 Выбор оборудования HDSL

При выборе оборудования HDSL нужно учитывать характеристики аппаратуры.



7.4.3 Варианты применения оборудования HDSL

Автономно или в комбинации с другим телекоммуникационным оборудованием HDSL может применяться для:

- межстанционных связей цифровых или аналоговых АТС, для подключения учреждений АТС;
- замены сложных в обслуживании и требующих промежуточных регенераторов линейных трактов ИКМ-30;
- уплотнения абонентских линий и организации абонентского выноса;
- организации доступа к высокоскоростным оптоволоконным трактам SDH или PDH;
- связи локальных сетей или высокоскоростного доступа к сетям ПД, в том числе Internet; соединения узлов коммутации и базовых радиостанций сотовых сетей связи.

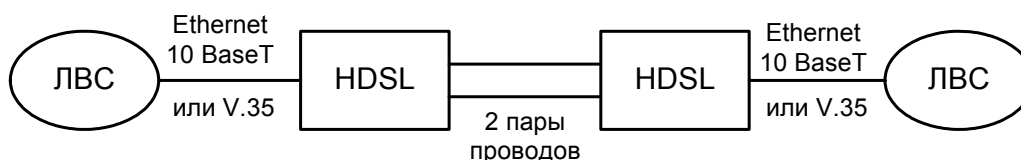


Рисунок 35 – Объединение локальных вычислительных сетей

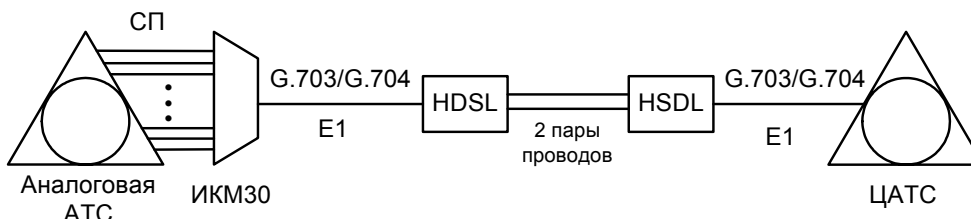


Рисунок 36 – Межстанционная связь между аналоговой и цифровой АТС

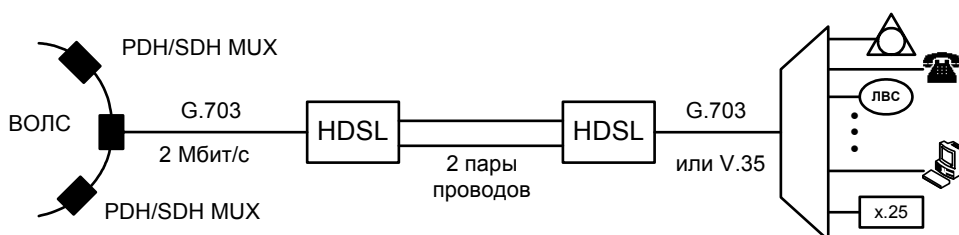


Рисунок 37 – Доступ к сети SDH

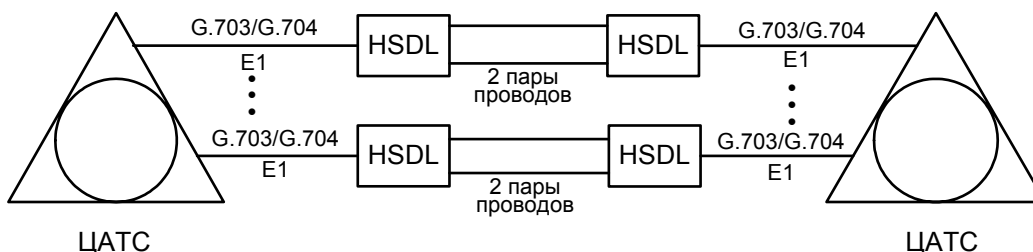


Рисунок 38 – Межстанционная связь между цифровыми АТС

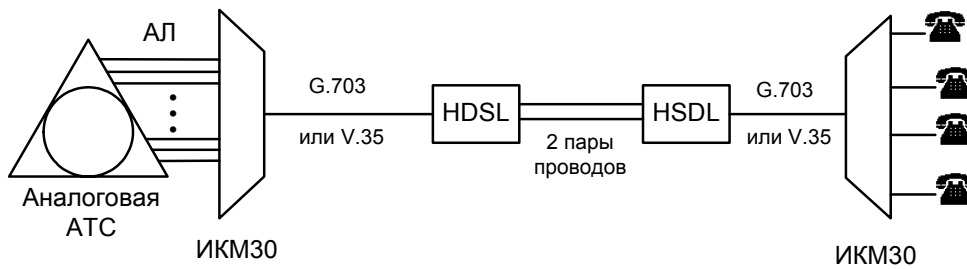


Рисунок 39 – Абонентский вынос

7.5 Методика выбора кабельных пар для xDSL

7.5.1 Общие сведения



Осуществить пробное подключение оборудования xDSL. Если пробное подключение не обеспечивает стабильного функционирования оборудования, то необходимо осуществить измерение переходного затухания между цепями по схеме «каждая с каждой». Измерение проводится на участке плинт РК (распределительная коробка) – плинт РШ (распределительный шкаф). В этом случае в РШ необходимо отключить распределительную сеть от магистральной и все пары нагрузить на сопротивление нагрузки $R_{н}$, равное волновому сопротивлению цепи, измеренному на частоте максимума энергетического спектра сигнала. В РК отключается внутридомовая абонентская сеть.

Схема измерений переходного затухания между цепями приведена на рисунке 40.

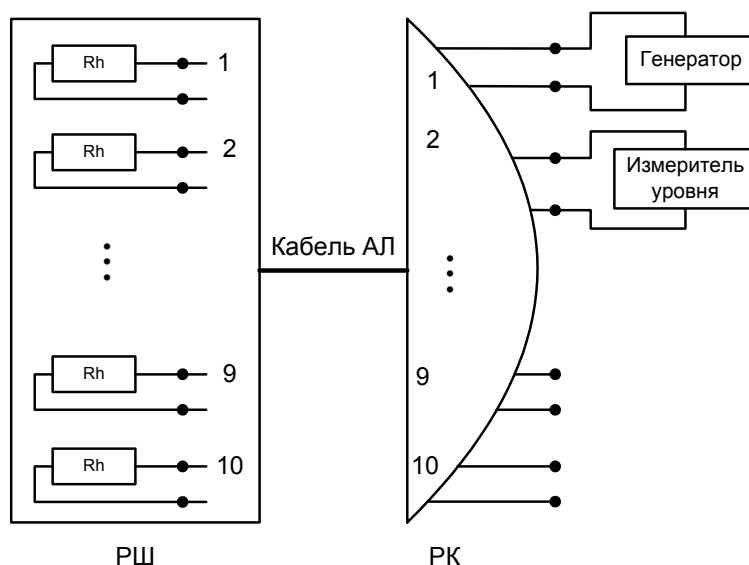


Рисунок 40 – Схема измерений переходного затухания между цепями

Измерения следует производить на частоте, соответствующей максимальной спектральной мощности передаваемого сигнала (в зависимости от типа линейного кода). Для измерения используется генератор и избирательный указатель уровня. Уровень на выходе генератора 0 дБ.

Необходимо подключить генератор к первой паре кабеля в РК. Измеритель уровня поочередно подключать ко 2-й, 3-й и т. д., к 10-й паре кабеля.

Измеренный уровень численно равен переходному затуханию на ближнем конце. Входное сопротивление измерителя должно соответствовать волновому сопротивлению линии на измеряемой частоте.

Затем генератор подключить ко второй паре кабеля, а индикатор поочередно подключать к 1-й, 3-й и т. д. парам кабеля.

Пригодными для использования оборудования xDSL считаются пары кабеля, в которых не нарушается условие: $A_{0изм} \geq A_{0норма}$.

Если линия не соответствует требованиям данной технологии DSL, то ее необходимо привести в норму, для чего, в большинстве случаев, достаточно выполнить следующие работы:

- на всех оконечных устройствах плиты с перьевыми контактами заменить плитами с врезными контактами;
- все кроссировки выполнить витой парой;
- абонентскую проводку выполнить витой парой.

Измерение A_0 на магистральном участке РШ-АТС не проводится. Эти линии находятся под избыточным давлением, регулярно контролируются и не имеют тех характерных повреждений (замокание кабеля, влажные плиты, поврежденные муфты и так далее), которые встречаются на распределительном участке кабельных сетей.

7.5.2 Подготовка АЛ к использованию ADSL

Для возможности использования технологии ADSL на АЛ (абонентских линиях) необходима предварительная проверка кабеля. При этом учитывается протяженность АЛ, кабельные неисправности (обрывы и сообщения проводов, плохая скрутка, намокание кабеля и т. д.), категория кабеля и другие конструктивные элементы.

При выборе АЛ для использования технологии ADSL необходимы трудоемкие и дорогостоящие методы тестирования.

На практике в настоящее время идут по пути упрощения, осуществляя процесс предварительного отсеивания телефонных линий. В качестве ключевого параметра здесь используется длина АЛ. При этом отсеиваются сразу те АЛ, длина которых превышает предельную (4-4,5 км).

На втором этапе отсеиваются линии, которые имеют:

- электрические неисправности;
- сильные помехи;
- неудовлетворительные параметры (имеют соединенные последовательно отрезки кабеля с жилами разного диаметра, а значит разного сопротивления и т. д.).

При тестировании АЛ успешно используется проверочное оборудование, которое способно эмулировать модемы, установленные на абонентском и на станционном концах линии.

Измерительный прибор подключается к АЛ на стороне абонента и, благодаря встроенному модему, устанавливает соединение с модемом, находящемся на другом конце АЛ на станции.

Если соединение установлено с ожидаемой скоростью передачи данных, то АЛ признается пригодной для использования.

Если же скорость соединения слишком мала или соединение не установлено, то нужно определить те участки АЛ, которые требуют модернизации.

При организации систем высокоскоростной передачи данных по существующей кабельной сети могут возникнуть следующие препятствия:

- ограничение полосы пропускания, характерное для существующей телефонной кабельной сети;
- уже установленные устройства и компоненты, призванные оптимизировать предоставление традиционных услуг телефонной связи;
- несовершенство и старение существующей кабельной сети из-за существующей практики монтажа и из-за внешних воздействий;
- несоответствие параметров и интерфейсов кабельной сети требованиям, предъявляемым цифровыми технологиями.

Работа с каждой АЛ индивидуальна, но есть процедуры типичные для организации высокоскоростного доступа по любой АЛ:

- Для проверки возможности применения технологии ADSL можно применять цифровой мультиметр, анализатор спектра и другое оборудование (комплект спаренных аппаратов, блокиратор и т. д.).
- При последующей проверке нужно убедиться, что внутренняя абонентская проводка имеет нужную категорию и включает в себя изолированный тракт от сплиттера (частотного разделителя) до модема ADSL.
- К данному тракту не должно быть подключено никакое телефонное оборудование (комплект спаренных аппаратов, блокиратор и т. д.).
- В некоторых случаях может потребоваться изменить конфигурацию внутренней проводки и проложить провода подальше от источников помех (бытовых электроприборов, люминесцентных ламп, телевизоров и т. д.); необходимо проложить проводку категории 5, 6.
- Никогда не следует использовать провода из разных пар кабеля для создания канала. Такой способ прокладки обычно приводит к появлению перекрестных помех.

8 НОРМЫ НА ИЗМЕРЕНИЯ В ЦСП И ВОСП

8.1 Термины и определения

Канал передачи (*transmission circuit*) – комплекс технических средств и среды распространения, обеспечивающий передачу сигнала электросвязи в полосе частот или со скоростью передачи, характерной для данного канала передачи, между сетевыми станциями, сетевыми узлами или между сетевой станцией и сетевым узлом, а также между сетевой станцией или сетевым узлом и оконечным устройством первичной сети.

Сеть связи – комплекс технологически сопряженных сетей электросвязи на территории Российской Федерации, обеспеченный общим централизованным управлением.

Система передачи (*transmission system*) – комплекс технических средств, обеспечивающих образование линейного тракта, типовых групповых трактов и каналов передачи первичной сети.

Тракт групповой (*group link*) – комплекс технических средств системы передачи, в которой сигналы электросвязи нормализованного числа каналов тональной частоты или основных цифровых каналов в полосе частот или со скоростью передачи, характерных для данного группового тракта обеспечивает передачу информации.

Тракт сетевой (*network link*) – типовой групповой тракт или несколько последовательно соединенных типовых групповых трактов с включенной на входе и выходе аппаратурой образования тракта.

Узел сетевой (network node) – комплекс технических средств, обеспечивающий образование и перераспределение сетевых трактов, типовых каналов передачи и типовых физических цепей, а также предоставление их вторичным сетям и отдельным организациям.

8.1.1 Определения показателей ошибок для ОЦК

- *Секунда с ошибками (Errored Second)* – ES_K – период в 1 с, в течение которого наблюдалась хотя бы одна ошибка.
- *Секунды, пораженные ошибками (Severely Errored Second)* – SES_K – период в 1 с, в течение которого коэффициент ошибок был более 10^{-3} .
- *Коэффициент ошибок по секундам с ошибками* – (ESR) – отношение числа ES_K к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.
- *Коэффициент ошибок по секундам, пораженных ошибками (SESR)* – отношение числа SES_K к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.

8.1.2 Определения показателей ошибок для сетевых трактов

- *Блок* – последовательность бит, ограниченная по числу бит, относящихся к данному тракту; при этом каждый бит принадлежит только одному блоку. Количество бит в блоке зависит от скорости передачи и определяется по отдельной методике.
- *Блок с ошибками (Errored Block)* – EB – блок, в котором один или несколько битов, входящих в блок, являются ошибочными.
- *Секунда с ошибками (Errored Second)* – ES_T – период в 1 секунду с одним или несколькими ошибочными блоками.
- *Секунда, пораженная ошибками (Severely Errored Second)* – SES – период в 1 секунду, содержащий ≥ 30 % блоков с ошибками (EB) или, по крайней мере, один период с серьезными нарушениями (SDP).
- *Коэффициент ошибок по секундам с ошибками* – ESR – отношение числа ES_T к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.
- *Коэффициент ошибок по секундам, пораженных ошибками* – SESR – отношение числа SES_T к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.
- *Период с серьезными нарушениями (Severely Disturbed Period)* – SDP – период длительностью, равной 4 смежным блокам, в каждом из которых коэффициент ошибок $\geq 10^{-2}$ или в среднем за 4 блока коэффициент ошибок $\geq 10^{-2}$, или же наблюдалась потеря сигнальной информации.
- *Блок с фоновой ошибкой (Background Block Error)* – BBE – блок с ошибками, не являющийся частью SES.

▪ *Коэффициент ошибок по блокам с фоновыми ошибками* – BBER – отношение числа блоков с фоновыми ошибками ко всему количеству блоков в течение готовности за фиксированный интервал измерений за исключением всех блоков в течение SES_r.

▪ *Период неготовности для одного направления тракта* – это период, начинающийся с 10 последовательных секунд SES (эти 10 секунд считаются частью периода неготовности) и заканчивающийся до 10 последовательных секунд без SES (эти 10 секунд считаются частью периода готовности).

Период неготовности для тракта – это период, когда хотя бы одно из направлений его находится в состоянии неготовности.

8.2 Нормы на электрические параметры ОЦК и сетевых трактов

8.2.1 Общие положения

1 Настоящие нормы разработаны на основе Рекомендаций МСЭ-Т и исследований, проведенных на действующих сетях связи России. Нормы распространяются на каналы и тракты первичной магистральной сети протяженностью до 12 500 км и внутрizonовых сетей протяженностью до 600 км. Выполнение приведенных ниже норм обеспечивает необходимое качество передачи при организации международных соединений протяженностью до 27 500 км.

2 Приведенные нормы распространяются:

- на простые и составные основные цифровые каналы (ОЦК) со скоростью передачи 64 кбит/с;
- простые и составные цифровые тракты со скоростями передачи 2,048 Мбит/с, 34 Мбит/с, 140 Мбит/с, организованные в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) и радиорелейных системах передачи (РСП) синхронной цифровой иерархии;
- простые и составные тракты, организованные в современных ВОСП, РСП и цифровых системах передачи на металлических кабелях плездохронной цифровой иерархии (ПЦИ);
- на линейные тракты ПЦИ, скорость передачи которых равна скорости группового тракта соответствующего порядка.

В настоящих нормах разработаны требования к двум видам показателей цифровых каналов и трактов – показателям ошибок и показателям дрожания и дрейфа фазы.

Показатели ошибок цифровых каналов и трактов являются статистическими параметрами, и нормы на них определены с соответствующей вероятностью их выполнения. Для показателей ошибок разработаны следующие виды эксплуатационных норм:

- долговременные нормы;
- оперативные нормы.

Долговременные нормы определены на основе рекомендаций МСЭ-Т G.821 (для каналов 64 кбит/с) и G.826 (для трактов со скоростью от 2048 кбит/с и выше).

Проверка долговременных норм требует в эксплуатационных условиях длительных периодов измерения – не менее 1 месяца. Эти нормы используются при проверке качественных показателей цифровых каналов и трактов новых систем передачи (или нового оборудования отдельных видов, оказывающего влияние на эти показатели), которые ранее на первичной сети нашей страны не применялись.

Оперативные нормы относятся к экспресс-нормам, они определены на основе рекомендаций МСЭ-Т M.2ШО, M.2110, M.2120.

Оперативные нормы требуют для своей оценки относительно коротких периодов измерения. Среди оперативных норм различают следующие:

- нормы для ввода трактов в эксплуатацию;
- нормы технического обслуживания;
- нормы восстановления систем.

Нормы для ввода трактов в эксплуатацию используются, когда каналы и тракты, образованные аналогичным оборудованием систем передачи, уже имеются на сети и прошли испытание на соответствие долговременным нормам. Нормы технического обслуживания используются при контроле в процессе эксплуатации трактов и для определения необходимости вывода их из эксплуатации при выходе контролируемых параметров за допустимые пределы. Нормы для восстановления систем используются при сдаче тракта в эксплуатацию после ремонта оборудования.

Нормы на показатели дрожания и дрейфа фазы включают в себя следующие виды норм:

- сетевые предельные нормы на иерархических стыках;
- предельные нормы на фазовое дрожание цифрового оборудования (в том числе характеристики передачи дрожания фазы);
- нормы для фазового дрожания цифровых участков.

Эти показатели не относятся к статистическим параметрам и для их проверки не требуется длительных измерений.

8.2.2 Общие характеристики цифровых каналов и трактов

Общие характеристики ОЦК и сетевых цифровых трактов плезиохронной цифровой иерархии приведены в таблице 9.

Таблица 9

Тип канала и тракта	Номинальная скорость передачи, кбит/с	Пределы отклонения скорости передачи, кбит/с	Номинальные входные и выходные сопротивления, Ом
Основной цифровой канал	64	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	120 (сим.)
Первичный цифровой сетевой тракт	2 048	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	120 (сим.)
Вторичный цифровой сетевой тракт	8 448	$\pm 3 \cdot 10^{-5}$	75 (несим.)
Третичный цифровой сетевой тракт	34 368	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	75 (несим.)
Четверичный цифровой сетевой тракт	139 264	$\pm 1,5 \cdot 10^{-5}$	75 (несим.)

8.3 Долговременные нормы на показатели ошибок

Долговременные нормы для ОЦК основаны на измерении характеристик ошибок за секундные интервалы времени по двум показателям:

- коэффициент ошибок по секундам с ошибками (ESR_K);
- коэффициент ошибок по секундам, пораженных ошибками ($SESR$).

Измерения показателей ошибок в ОЦК для оценки соответствия долговременным нормам проводятся при закрытии связи и использовании псевдослучайной цифровой последовательности.

Долговременные нормы для цифровых сетевых трактов (ЦСТ) основаны на измерении характеристик ошибок по блокам для трех показателей:

- коэффициент ошибок по секундам с ошибками (ESR_T);
- коэффициент ошибок по секундам, пораженным ошибками ($SESR$);
- коэффициент ошибок по блокам с фоновыми ошибками ($BBER_T$).

Предполагается, что при выполнении норм в ЦСТ на показатели ошибок, основанные на блоках, будет обеспечиваться выполнение долговременных норм в ОЦК, образованных в этих ЦСТ, по показателям ошибок, основанных на секундных интервалах.

Измерения показателей ошибок в ЦСТ для оценки соответствия долговременным нормам могут проводиться как при закрытии связи с использованием псевдослучайной цифровой последовательности, так и в процессе эксплуатационного контроля.

ОЦК считается соответствующим нормам, если отвечают поставленным требованиям каждый из двух показателей ошибок – ESR_K и $SESR_K$. Сетевой тракт считается соответствующим нормам, если требованиям отвечает каждый из трёх показателей ошибок – ESR_T , $SESR_T$, и $BBER_T$.

Для оценки эксплуатационных характеристик должны использоваться результаты измерения лишь в периоды готовности канала или тракта, интервалы неготовности из рассмотрения исключаются.

Основой для определения долговременных норм того или иного канала или тракта являются общие расчетные (эталонные) нормы для полного соединения (end-to-end) на показатели ошибок международного соединения, протяженностью 27 500 км, приведенные в таблице 11 в столбце А для соответствующего показателя ошибок и соответствующего цифрового канала или тракта.

Распределение предельных расчетных норм на показатели ошибок по участкам тракта (канала) первичной сети России приведено в таблице 10, столбец «долговременные нормы», где А берется для соответствующего показателя ошибок и соответствующего тракта (канала) из данных таблицы 10.

Доля расчетных эксплуатационных норм на показатели ошибок для тракта (канала) длиной L на магистральной и внутризонах первичных сетях России для определения долговременных норм приведена в таблице 12.

Таблица 10

Вид тракта (канала)	Скорость, кбит/с	А			В	
		Долговременные нормы			Оперативные нормы	
		ESR	SESR	BBER	ESR	SESR
ОЦК	64	0,08	0,002	-	0,04	0,001
ПЦСТ	2048	0,04	0,002	$3 \cdot 10^{-4}$	0,02	0,001
ВЦСТ	8448	0,05	0,002	$2 \cdot 10^{-4}$	0,025	0,001
ТЦСТ	34368	0,075	0,002	$2 \cdot 10^{-4}$	0,0375	0,001
ЧЦСТ	139264	0,16	0,002	$2 \cdot 10^{-4}$	0,08	0,001

Примечание – Приведенные данные для долговременных норм соответствуют Рекомендациям МСЭ-Т G.821 (для канала 64 кбит/с) и G.826 (для трактов со скоростями от 2048 кбит/с и выше), для оперативных норм – Рекомендации МСЭ-Т М.2100.

Таблица 11

Вид тракта	Участок	Длина, км	Долговременные нормы			Оперативные нормы	
			ESR	SESR	BBER	ESR	SESR
ОЦК	Аб. лин.	–	$0,15 \cdot A$	$0,15 \cdot A / 2$	–	$0,15 \cdot B$	$0,15 \cdot B$
	МПС	100	$0,075 \cdot A$	$0,075 \cdot A / 2$	–	$0,075 \cdot B$	$0,075 \cdot B$
	ВЗПС	600	$0,075 \cdot A$	$0,075 \cdot A / 2$	–	$0,075 \cdot B$	$0,075 \cdot B$
	СМП	12500	$0,2 \cdot A$	$0,2 \cdot A / 2$	–	$0,2 \cdot B$	$0,2 \cdot B$
ЦСТ	МПС	100	$0,075 \cdot A$	$0,075 \cdot A / 2$	$0,075 \cdot A$	$0,075 \cdot B$	$0,075 \cdot B$
	ВЗПС	600	$0,075 \cdot A$	$0,075 \cdot A / 2$	$0,075 \cdot A$	$0,075 \cdot B$	$0,075 \cdot B$
	СМП	12500	$0,2 \cdot A$	$0,2 \cdot A$	$0,2 \cdot A$	$0,2 \cdot B$	$0,2 \cdot B$

Примечания
К указанному предельному значению долговременной нормы для показателя SESR при включении в тракт или канал СМП участка с РСП протяженностью L=2500 км добавляется значение, равное 0,05 %, при одном участке с ССП – значение 0,01 %. Эти значения учитывают неблагоприятные условия распространения сигнала (в худшем месяце).
Аналогичное п.1 добавление значений к оперативным нормам не проводится в связи с коротким периодом измерения.

Таблица 12

СМП			ВЗПС		
№	Длина, км	C_1	№	Длина, км	C_2
1	≤ 250	0,004	1	≤ 50	0,0062
2	≤ 500	0,008	2	≤ 100	0,0125
3	≤ 750	0,012	3	≤ 150	0,0188
4	≤ 1000	0,016	4	≤ 200	0,0250
5	≤ 1500	0,024	5	≤ 300	0,0375
6	≤ 2000	0,032	6	≤ 400	0,0500
7	≤ 2500	0,040	7	≤ 500	0,0625
8	≤ 5000	0,080	8	≤ 600	0,0750
9	≤ 7500	0,120	9		
10	≤ 10000	0,160	10		
11	≤ 12500	0,200	11		

Порядок расчета долговременной нормы на какой-либо показатель ошибок для простого тракта (канала) длиной L км, организованного по ВОЛС или цифровой РСП, следующий:

- по таблице 10 для соответствующего канала или тракта и соответствующего показателя ошибок находим значение A ;
- значение L округляем с точностью до 250 км для СМП при $L < 1000$ км и до 500 км при $L > 1000$ км, для ВЗПС при $L < 200$ км округляем с точностью до 50 км и при $L > 200$ км – до 100 км (в большую сторону), получаем значение L^1 ;
- для полученного значения L^1 по таблице 12 определяем допустимую долю расчетных норм C_1 или C_2 при $L^1 > 2500$ км на СМП доля нормы определяется интерполированием между двумя соседними значениями табл.12 или по формуле: $L^1 \times 0,016 \times 10^{-3}$ для СМП или $L^1 \times 0,125 \times 10^{-3}$ ВЗПС;
- для показателей ESR и VBER долговременная норма определяется перемножением значений A и C :

$$\begin{aligned} ESR_d &= A \cdot C, \\ VBER_d &= A \cdot C. \end{aligned}$$

Для показателя SESR долговременная норма определяется перемножением значений $A/2$ и C :

$$SESR_d = A/2 \cdot C.$$

Пример 1

Пусть требуется определить долговременные нормы на показатели ESR и BBER, для цифрового первичного сетевого тракта, организованного на СМП, в системах ПЦИ по ВОЛС, протяженностью 1415 км.

По табл. 10 находим значения A для ПЦСТ:

$$A (ESR_T) = 0,04,$$

$$A (BBER) = 3 \times 10^{-4}.$$

Значение L округляем до значения, кратного 500 км:

$$L' = 1500 \text{ км.}$$

По таблице 12 находим значение C:

$$C = 0,024.$$

Определяем долговременные нормы:

$$ESR_{д} = 0,04 \times 0,024 = 0,96 \times 10^{-3},$$

$$BBER_{д} = 3 \times 10^{-4} \times 0,024 = 7,2 \times 10^{-6}.$$

Пример 2

Пусть требуется определить долговременную норму на показатель SESR для цифрового вторичного сетевого тракта, организованного на СМП в системах ПЦИ с участком по ВОЛС протяженностью 1415 км и с участком тракта, организованного в новой цифровой РСП, протяженностью 930 км.

По таблице 10 находим значения A для ВЦСТ:

$$A (SESR_T) = 0,002.$$

Значение L округляем до значений, кратных 500 км для ВОЛС и кратных 250 км для РСП:

$$L'_{\text{ВОЛС}} = 1500 \text{ км,}$$

$$L'_{\text{РСП}} = 1000 \text{ км.}$$

Суммарную длину тракта округляем до значения, кратного 500 км.

$$L_{\text{ВОЛС}} + L_{\text{РСП}} = 1415 + 930 = 2345 \text{ км,}$$

$$L'_{\Sigma} = 2500 \text{ км.}$$

По таблице 12 определяем значения C:

$$C_{\text{ВОЛС}} = 0,024,$$

$$C_{\text{РСП}} = 0,016,$$

$$C_{\Sigma} = 0,04.$$

Определяем долговременные нормы на показатель SESR_T:

$$SESR_{д \text{ ВОЛС}} = 0,001 \times 0,024 = 2,4 \times 10^{-5},$$

$$SESR_{д \text{ РСП}} = 0,001 \times 0,016 + 0,0005 = 51,6 \times 10^{-5} \text{ в худшем месяце,}$$

$$SESR_{д \text{ РСП}} = 0,001 \times 0,04 + 0,0005 = 54 \times 10^{-5} \text{ в худшем месяце.}$$

При наличии в составе канала или тракта нескольких переприемных участков (переприем по ОЦК или ЦСТ любого порядка) каждый из участков переприема должен отвечать нормам для округленных

длин участков L^1_p , а весь составной канал или тракт должен отвечать нормам для длины, равной сумме неокругленных длин участков:

$$L = \sum_{i=1}^n Li,$$

а затем значение L округляется, определяется C и норма для соответствующего показателя.

Если канал или тракт проходит как по СМП, так и по ВЗПС, то значение C для всего канала определяется суммированием значений C_1 и C_2 (для обоих концов):

$$C = C_1 + C_{21} + C_{22},$$

а затем определяется норма для соответствующего параметра.

Пример 3

Пусть требуется определить нормы показателей ESR и SESR для канала ОЦК, проходящего по СМП протяженностью $L = 830$ км, и по двум ВЗПС протяженностью $L_2 = 190$ км и $L_3 = 450$ км, организованных по ВОЛС на всех трех участках. По таблице 10 находим значения A :

$$A(ESR_k) = 0,08,$$

$$A(SESR_k) = 0,002.$$

Длину L_1 округляем до значения, кратного 250 км, длину L_2 – до значения, кратного 50 км, а L_3 – до значения, кратного 100 км:

$$L^1_1 = 1000 \text{ км},$$

$$L'_2 = 200 \text{ км},$$

$$L'_3 = 500 \text{ км}.$$

По таблице 12 находим значение C :

$$C_1 = 0,016,$$

$$C_{21} = 0,025,$$

$$C_{22} = 0,0625.$$

Определяем долговременные нормы для участков:

$$ESR_{д1} = 0,08 \times 0,016 = 1,28 \times 10^{-3},$$

$$ESR_{д2} = 0,08 \times 0,025 = 2 \times 10^{-3},$$

$$ESR_{д3} = 0,08 \times 0,0625 = 5 \times 10^{-3},$$

$$SESR_{д1} = 0,001 \times 0,016 = 1,6 \times 10^{-3},$$

$$SESR_{д2} = 0,001 \times 0,025 = 2,5 \times 10^{-5},$$

$$SESR_{д3} = 0,001 \times 0,0625 = 6,25 \times 10^{-5}.$$

Для всего канала норма определяется так:

$$C_\Sigma = 0,016 + 0,025 + 0,0625 = 0,1035,$$

$$ESR_{д\Sigma} = 0,08 \times 0,1035 = 8,28 \times 10^{-3},$$

$$SESR_{д\Sigma} = 0,001 \times 0,1035 = 10,35 \times 10^{-5}.$$

8.4 Оперативные нормы на показатели ошибок

8.4.1 Общие положения по определению оперативных норм

1 Оперативные нормы на показатели ошибок ОЦК и ЦСТ основаны на измерении характеристик ошибок за секундные интервалы времени по двум показателям:

- коэффициент ошибок по секундам с ошибками (ESR);
- коэффициент ошибок по секундам, пораженным ошибками (SESR).

Измерения показателей ошибок в ЦСТ для оценки соответствия оперативным нормам могут проводиться как в процессе эксплуатационного контроля, так и при закрытии связи с использованием специальных средств измерений. Измерения показателей ошибок в ОЦК для оценки соответствия оперативным нормам проводятся при закрытии связи.

2 ОЦК или ЦСТ считаются соответствующими оперативным нормам, если отвечают поставленным требованиям каждый из показателей ошибок – ESR и SESR.

3 Для оценки эксплуатационных характеристик должны использоваться результаты измерения лишь в периоды готовности канала или тракта, интервалы неготовности из рассмотрения исключаются.

4 Основой определения оперативных норм для канала или тракта являются общие расчетные нормы для полного соединения (end-to-end) на показатели ошибок для международного соединения, протяженностью 27 500 км, приведенные в таблице 10 в столбцах В для соответствующего показателя ошибок и соответствующего цифрового канала или тракта.

5 Распределение предельных расчетных норм на показатели ошибок по участкам тракта (канала) первичной сети РФ приведено в таблице 11, столбец «Оперативные нормы», где В берется для соответствующего показателя ошибок и соответствующего тракта (канала) из данных таблицы 10.

6 Доля расчетных эксплуатационных норм показателей ошибок тракта (канала) длиной L км на магистральной и внутризональных первичных сетях ВСС РФ для определения оперативных норм приведена в таблице 13. Эта доля для тракта (канала) СМП обозначена D_1 и для ВЗПС – D_r .

Длина L тракта (канала) на СМП при $L < 1000$ км округляется до значения L^1 , кратного 250 км в большую сторону, при $L > 1000$ км – кратного 500 км, на ВЗПС при $L < 200$ км – до значения, кратного 50 км, при $L > 200$ км – кратного 100 км. При $L > 2500$ км для канала (тракта) СМП D_1 определяется интерполированием между соседними значениями таблицы 13 или по формуле:

$$D_1 = 0,05 + \frac{L^1 - 2500}{500} 0,006.$$

7 Порядок определения значения D для простого ОЦК или ЦСТ следующий:

- длину L канала (тракта) округляем до значений, указанных в п. 6;
- для найденного значения L^1 определяем по таблице 13 значение D_1 или D_2 .

Для составного ОЦК или ЦСТ порядок расчета следующий:

- длина L_1 каждого из участков транзита округляется до значений, указанных в п. 6;
- для каждого участка определяется по таблице 13 значение D_1 ;
- полученные значения D_1 , суммируются:

$$D = \sum_{i=1}^n D_i.$$

Полученное суммарное значение D не должно превышать для СМП – 20 %, для ВЗПС – 7,5 %, а для канала или тракта, проходящего по СМП и двум ВЗПС – 35 %.

Таблица 13

СМП		ВЗПС	
Длина, км	D_1	Длина, км	D_2
≤ 250	0,015	≤ 50	0,023
≤ 500	0,020	≤ 100	0,030
≤ 750	0,025	≤ 150	0,039
≤ 1000	0,030	≤ 200	0,048
≤ 1500	0,038	≤ 300	0,055
≤ 2000	0,045	≤ 400	0,059
≤ 2500	0,050	≤ 500	0,063
≤ 5000	0,080	≤ 600	0,0750
≤ 7500	0,110		
≤ 10000	0,140		
≤ 12500	0,170		

8 Контроль показателей ошибок в каналах или трактах для определения соответствия оперативным нормам может проводиться в эксплуатационных условиях за различные периоды времени – 15 минут, 1 час, 1 сутки, 7 суток. Для анализа результатов контроля определяются пороговые значения S_1 и S_2 числа ES и SES за период наблюдения T при $T \leq 1$ сутки и одно пороговое значение BISO (норма BIS) при 1=7 суток (обозначения пороговых значений используются те же, что в рекомендации МСЭ-T M 2100), где BIS- ввод в эксплуатацию.

Расчет пороговых значений проводится в следующем порядке:

– определяется среднее допустимое число ES или SES за период наблюдения

$$RPO = D \cdot T \cdot B, \quad (1)$$

где RPO – эталонная норма на технические характеристики

D – суммарное значение доли общей нормы, найденное в п. 6.

T – период наблюдения в секундах.

B – общая норма на данный показатель берется из таблицы 10 (для ОЦК ES – 4 %, SES – 0,1 %).

– определяется пороговое значение BISO за период наблюдения T

$$BISO = k \cdot RPO, \quad (2)$$

где k – коэффициент, определяемый назначением эксплуатационного контроля.

Значения коэффициента k для различных условий испытаний системы передачи, сетевого тракта или ОЦК приведены в таблице 14.

– определяются пороговые значения S_1 и S_2 по формулам;

$$\sigma = 2 \sqrt{BISO}, \quad (3)$$

$$S_1 = BISO - \sigma, \quad (4)$$

$$S_2 = BISO + \sigma. \quad (5)$$

Рассчитанные по формулам 1-5 значения S_1 , S_2 и BISO для различных периодов наблюдения T и различных трактов приведены в Приложении 1.

9 Если за период наблюдения T по результатам эксплуатационного контроля получено число ES или SES, равное S, то:

- при $S \geq S_2$ – тракт не принимается в эксплуатацию,
- при $S \leq S_1$ – тракт принимается в эксплуатацию,
- при $S_1 < S < S_2$ – тракт принимается условно – с проведением дальнейших испытаний за более длительные сроки.

Если после проведения дополнительных испытаний (например, 7 суток), $S > BISO$, то тракт не принимается в эксплуатацию.

10 В некоторых системах ПЦИ, разработанных до введения настоящих норм и имеющих на действующей первичной сети, показатели ошибок каналов и трактов могут не удовлетворять приведенным нормам.

Таблица 14

Системы передачи		Сетевые тракты, участки, ОЦК	
Вид испытания	к	Вид испытания	К
Ввод в эксплуатацию	0,1	Ввод в эксплуатацию	0,5
Ввод после ремонта	0,125	Ввод после ремонта	0,5
Ввод с пониженным качеством	0,5	Ввод с пониженным качеством	0,75
Эталонная норма	1,0	Эталонная норма	1,0
Вывод из эксплуатации	>10	Вывод из эксплуатации	>10

8.4.2 Нормы для технического обслуживания цифровых сетевых трактов

- 1 Нормы для технического обслуживания используются при контроле трактов в процессе эксплуатации, в том числе для определения необходимости вывода тракта из эксплуатации при значительном ухудшении показателей ошибок.
- 2 Проверка тракта в процессе технической эксплуатации осуществляется с помощью устройств эксплуатационного контроля ошибок за периоды времени 15 мин и 1 сутки.
- 3 Нормы для технического обслуживания включают в себя: предельные значения неприемлемого качества – при выходе за пределы этих значений тракт должен выводиться из эксплуатации, предельные значения пониженного качества – при выходе за пределы этих значений контроль данного тракта и анализ тенденций изменений характеристик должны проводиться более часто.

Если пороговые значения не заданы в конкретном типе аппаратуры, то они могут быть выбраны для режимов определения сетевого тракта с пониженным качеством и для определения необходимости вывода из эксплуатации при 15-минутном периоде наблюдения на уровне значений, приведенных в таблице 15.

Таблица 15

Режим		Вывод из эксплуатации		Пониженное качество	
Распределение тракта D, (%)		ES	SES	ES	SES
0,5 →	2,5	120	15	0	0
3 →	4,0	120	15	1	0
4,5 →	7,0	120	15	2	0
7,5 →	10,0	120	15	3	0
10,5 →	11,0	120	15	4	0
11,5 →	13,0	150	15	4	0
13,5 →	15,5	150	15	5	0
16,0 →	18,5	150	15	6	0
19,0 →	20,0	150	15	7	0
20,5 →	21,5	180	15	7	0
22,0 →	24,5	180	15	8	0

Режим		Вывод из эксплуатации		Пониженное качество	
Распределение тракта D, (%)		ES	SES	ES	SES
25,0 →	27,0	180	15	9	0
27,5 →	30,0	180	15	10	0
30,5 →	33,0	180	15	11	0
33,5 →	36,0	180	15	12	0
36,5 →	40,0	180	15	13	0

8.5 Нормы на показатели фазового дрожания и дрейфа фазы

Максимальная ошибка временного интервала (МОВИ) на стыках любых сетевых узлов за период наблюдения в S секунд не должна превышать:

- для $S < 10^4$ – эта область требует дальнейшего изучения,
- для $S > 10^4 = (10^2 \cdot S + 10000)$ нс.

Примечания

1 МОВИ – это максимальный размах изменения времени запаздывания данного хронизирующего сигнала, определяемый между двумя пиковыми отклонениями относительно идеального хронизирующего сигнала в течение определенного периода времени S, т. е. $МОВИ(S) = \max x(t) - \min x(t)$ для всех t в пределах S (рисунок 42).

2 Вытекающие отсюда общие требования представлены на рисунке 43.

Таблица 16

Скорость в тракте, кбит/с	Сетевая предельная норма		Полоса измерительного фильтра			ЕИ, нс
	В1 полный размах, ЕИ	В2 полный размах, ЕИ	F ₁ , Гц	F ₃ , кГц	F ₄ , кГц	ЕИ, нс
64	0,25	0,05	20	3	20	15600
2048	1,5	0,2	20	18	100	488
8448	1,5	0,2	20	3	400	118
34368	1,5	0,15	100	10	800	29,1
139264	1,5	0,075	200	10	3500	7,18

Примечания

- 1 Для канала со скоростью 64 кбит/с приведенные значения действительны только для сонаправленного стыка.
- 2 ЕИ – единичный интервал.
- 3 В₁ и В₂ – полный размах фазового дрожания, измеренный на выходе полосовых фильтров с частотами среза: нижней f₁ и верхней f₄ и нижней f₃ и верхней f₄ соответственно. Частотные характеристики фильтров должны иметь спады крутизной 20 дБ/декаду.

8.5.1 Предельные нормы на фазовое дрожание цифрового оборудования

1 Допуск на дрожание и дрейф фазы на цифровых входах

Любое цифровое оборудование различных иерархических уровней должно без существенного ухудшения в работе оборудования выдерживать на его входе цифровой псевдослучайный испытательный сигнал, модулированный синусоидальным дрейфом и дрожанием фазы с амплитудно-частотной зависимостью, определяемой рисунком 44, и с предельными нормами, приведенными в таблице 17.

2 Максимальное выходное фазовое дрожание в отсутствие входного фазового дрожания

Максимальное фазовое дрожание, создаваемое отдельными видами оборудования при отсутствии фазового дрожания на его входе должно определяться требованиями на конкретные виды оборудования. В любом случае эти нормы не должны превышать максимально-допустимых сетевых норм.

3 Характеристики передачи дрожания и дрейфа фазы

Характеристики передачи фазового дрожания определяют частотную зависимость отношения амплитуды выходного фазового дрожания к амплитуде входного фазового дрожания для данной скорости передачи. Типичная характеристика передачи фазового дрожания приведена на рисунке 45. Значение уровней x и y и частот f_1, f_5, f_6, f_7 определяются в требованиях на конкретные виды оборудования. В любом случае норма на уровень усиления передачи (x) не должна превышать 1 дБ.

Примечания

- 1 Норма на характеристику передачи фазового дрожания приведена с целью накопления статистического материала и в дальнейшем может быть уточнена.
- 2 Норма на характеристику передачи дрейфа фазы подлежит разработке.

8.5.2 Нормы для фазового дрожания цифровых участков

Нормы для фазового дрожания относятся к условным эталонным цифровым участкам, протяженностью 280 км на магистральной сети и 50 км на внутризональной сети. Эти нормы получены в предположении, что только несколько цифровых участков могут быть соединены последовательно и не учитывается фазовое дрожание от асинхронного оборудования группообразования. Если эти условия на реальных трактах не соблюдаются, то может потребоваться введение более строгих норм или/и использование других средств сведения фазового дрожания к минимуму.

Предельные нормы для цифровых участков должны соблюдаться на всех участках, независимо от длины и количества регенераторов, а также независимо от вида передаваемого сигнала:

- а) *Нижний предел допустимого входного фазового дрожания* – Необходимо соблюдать требования, приведенные в таблице 17, рисунке 44).
- б) *Характеристики передачи фазового дрожания* – Максимальное усиление функции передачи фазового дрожания не должно превышать 1 дБ.

Примечания

1 Нижний предел частоты должен быть как можно меньше с учетом ограничений измерительного оборудования (значение примерно 5 Гц считается приемлемым).

2 Для линейных участков со скоростью 2043 кбит/с на внутризонавой сети допускается большее значение усиления фазового дрожания – в 3 дБ (предельное значение подлежит уточнению).

Выходное фазовое дрожание в отсутствие фазового дрожания на входе.

Максимальный полный размах фазового дрожания на выходе цифрового участка в отсутствие фазового дрожания на входе для любого возможного состояния сигнала не должен превышать значений, приведенных в таблице 18.

Таблица 17

Цифровая скорость, кбит/с	Полный размах в единичных интервалах				Частота								Псевдо-случайный испытательный сигнал
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	f ₀ , Гц	f ₁₀ , Гц	f ₉ , Гц	f ₈ , Гц	f ₁ , Гц	f ₂ , кГц	f ₃ , кГц	f ₄ , кГц	
64	1,15	0,25	0,05	*	1,2*10 ⁵	*	*	*	20	0,6	3	20	2 ¹¹ -1 Рек. О.152
2 048	36,9	1,5	0,2	18	1,2*10 ⁵	4,88*10 ³	0,01	1,667	20	2,4	18	100	2 ¹⁵ -1 Рек. О.151
8 448	152	1,5	0,2	*	1,2*10 ⁵	*	*	*	20	0,4	3	400	2 ¹⁵ -1 Рек. О.151
34 368	618,6	1,5	0,15	*	*	*	*	*	100	1	10	800	2 ²³ -1 Рек. О.151
139 264	2506,6	1,5	0,075	*	*	*	*	*	200	0,5	10	3500	2 ²³ -1 Рек. О.151

Примечания

- 1 Для ОЦК действительно только для сонаправленного стыка.
- 2 Значения A₀ (18 мкс) представляет относительное фазовое отклонение поступающего сигнала относительно собственного хронизирующего сигнала, полученного с помощью эталонного задающего генератора. Абсолютное значение A₀ составляет на входе узла (то есть на входе оборудования) 21 мкс в предложении, что максимальный дрейф тракта передачи между двумя узлами составляет 11 мкс. Разница в 3 мкс соответствует 3 мкс допуска на долговременное отклонение фазы национального эталонного задающего генератора (Рекомендация G.811).

Таблица 18

Скорость, (кбит/с)	Длина, УЭЦУ, км	Максимальное выходное фазовое дрожание для цифрового участка		Полоса измерительного фильтра		
		Предельные значения для (f_1-f_4) , полный размах ЕИ	Предельные значения для высоких частот (f_3-f_4) , полный размах ЕИ	Полосовой фильтр с нижней частотой среза f_1 и f_3 и верхней частотой среза f_4		
				f_1 , Гц	f_3 , кГц	f_4 , кГц
2048	50	0,75	0,2	20	18	100
8448	50	0,75	0,2	20	3	400
34368	50	0,75	0,15	100	10	800
34368	280	0,75	0,15	100	10	800
139264	280	0,75	0,075	200	10	3500

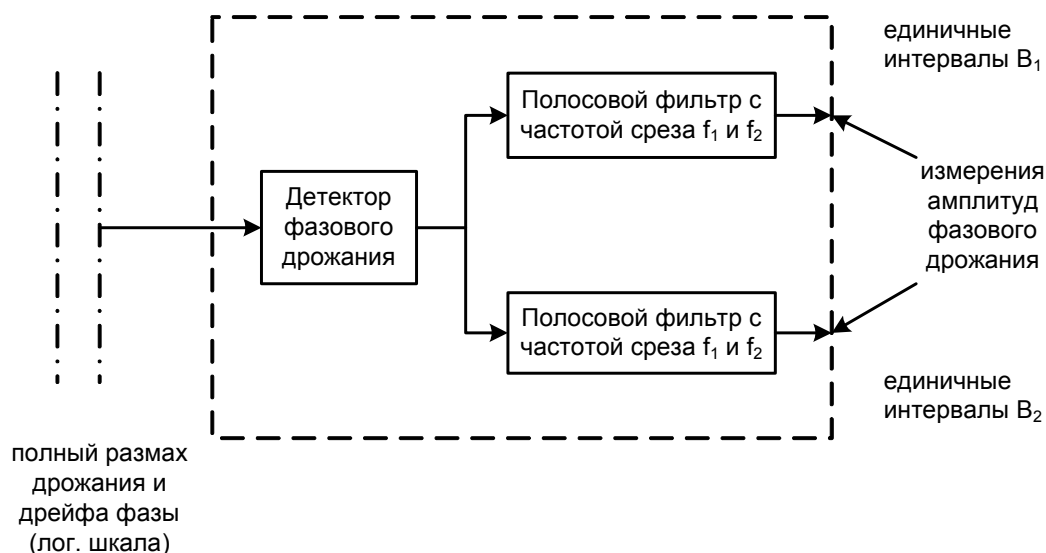


Рисунок 41 – Схема измерения выходного фазового дрожания на иерархическом стыке или на выходе оборудования

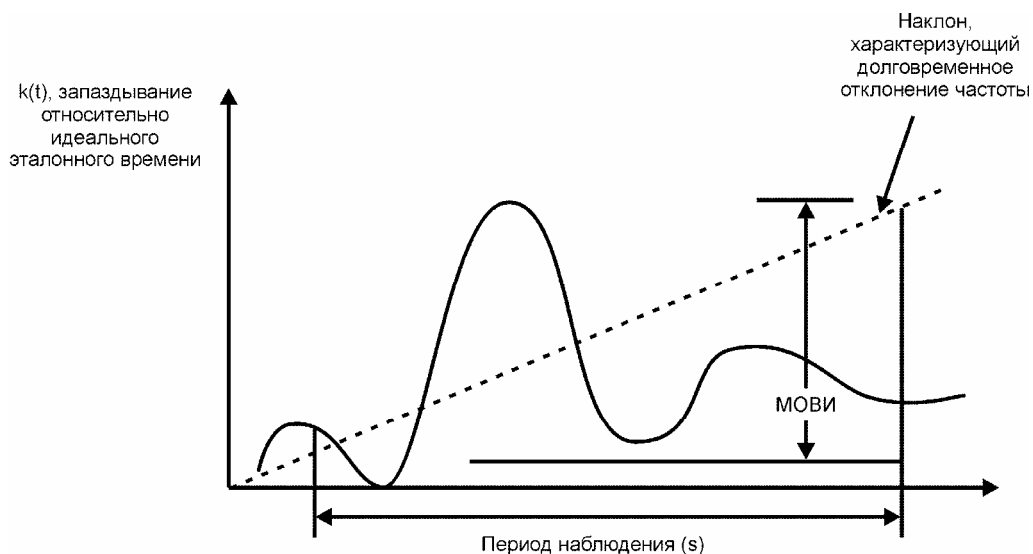


Рисунок 42 – Определение максимальной ошибки временного интервала

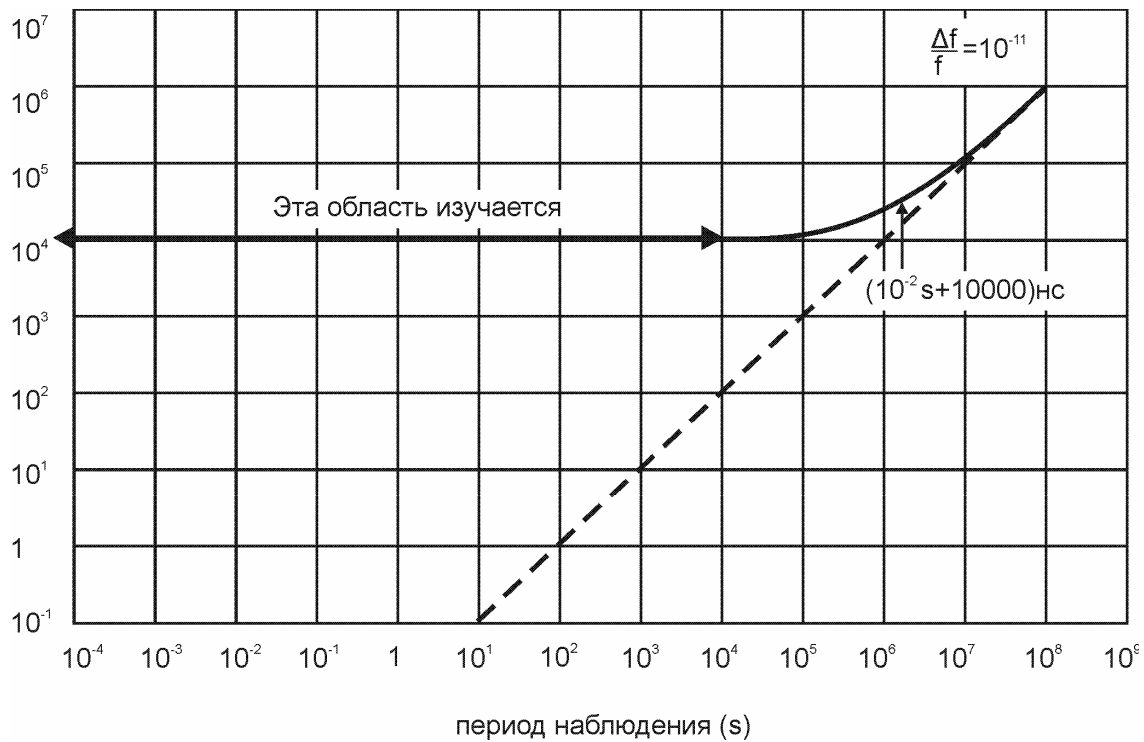


Рисунок 43 – Зависимость максимально допустимой ошибки временного интервала (МОВИ) на выходе сетевого узла от периода наблюдения

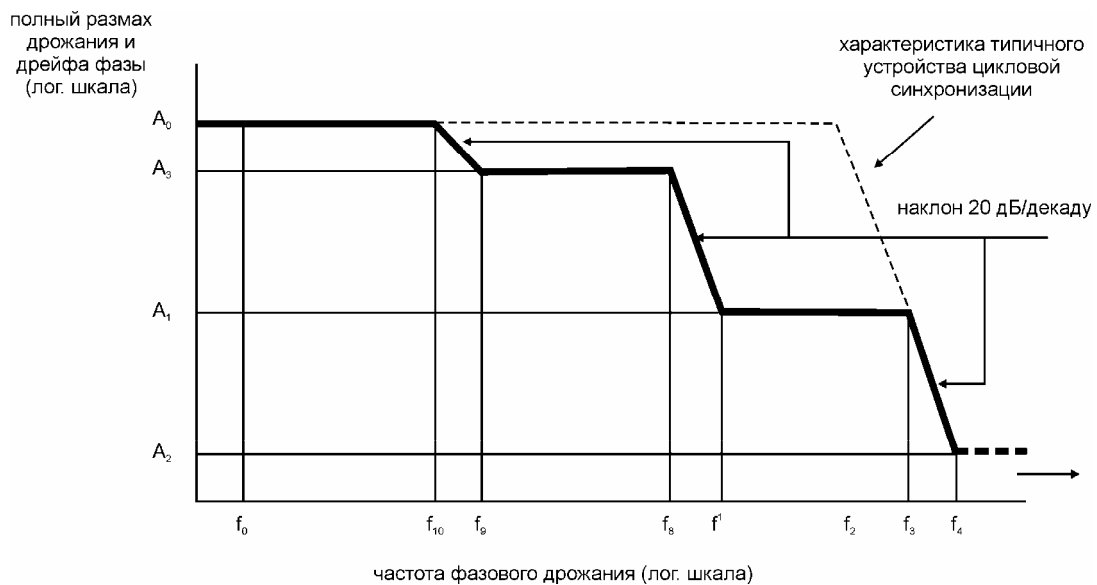


Рисунок 44 – Нижний предел максимально допустимого входного дрожания и дрейфа фазы

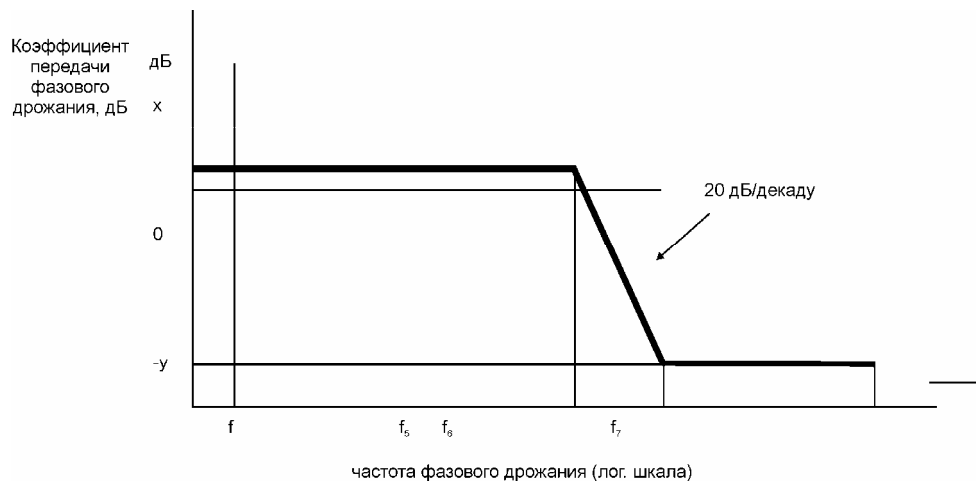


Рисунок 45 – Типичные характеристики передачи фазового дрожания

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Допустимые пределы BIS для ОЦК (64 кбит/сек)

Доля нормы для тракта (%)	ES (4 %) 1 день				ES 7 дней	SES (0,1 %) 1 день				SES 7 дней
	RPO	BISO	S1	S2	BISO	RPO	BISO	S1	S2	BISO
0,50	17	9	3	15	60	0	0	0	1	2
1,00	35	17	9	26	121	1	0	0	2	3
1,50	52	26	16	36	181	1	1	0	2	5
2,00	69	35	23	46	242	2	1	0	3	6
2,50	86	43	30	56	302	2	1	0	3	8
3,00	104	52	37	66	363	3	1	0	4	9
3,50	121	60	45	76	423	3	2	0	4	11
4,00	138	69	52	86	484	3	2	0	4	12
4,50	156	78	60	95	544	4	2	0	5	14
5,00	173	86	68	105	605	4	2	0	5	15
5,50	190	95	76	115	665	5	2	0	5	17
6,00	207	104	83	124	726	5	3	0	6	18
6,50	225	112	91	134	786	6	3	0	6	20
7,00	242	121	99	143	847	6	3	0	7	21
7,50	259	130	107	152	907	6	3	0	7	23
8,00	276	138	115	162	968	7	3	0	7	24
8,50	294	147	123	171	1028	7	4	0	8	26
9,00	311	156	131	180	1089	8	4	0	8	27
9,50	328	164	139	190	1149	8	4	0	8	29
10,00	346	173	147	199	1210	9	4	0	8	30
10,50	363	181	155	208	1270	9	5	0	9	32
11,00	380	190	163	218	1331	10	5	0	9	33
11,50	397	199	171	227	1391	10	5	1	9	35
12,00	415	207	179	236	1452	10	5	1	10	36
12,50	432	216	187	245	1512	11	5	1	10	38
13,00	449	225	195	255	1572	11	6	1	10	39
13,50	467	233	203	264	1633	12	6	1	11	41
14,00	484	242	211	273	1693	12	6	1	11	42
14,50	501	251	219	282	1754	13	6	1	11	44
15,00	518	259	227	291	1814	13	6	1	12	45
15,50	536	268	235	301	1875	13	7	2	12	47
16,00	553	276	243	310	1935	14	7	2	12	48
16,50	570	285	251	319	1996	14	7	2	12	50
17,00	588	294	259	328	2056	15	7	2	13	51
17,50	605	302	268	337	2117	15	8	2	13	53
18,00	622	311	276	346	2177	16	8	2	13	54
18,50	639	320	284	355	2238	16	8	2	14	56
19,00	657	328	292	365	2298	16	8	2	14	57
19,50	674	337	300	374	2359	17	8	3	14	59
20,00	691	346	308	383	2419	17	9	3	15	60

Доля нормы для тракта (%)	ES (4 %) 1 день				ES 7 дней	SES (0,1 %) 1 день				SES 7 дней
	RPO	BISO	S1	S2	BISO	RPO	BISO	S1	S2	BISO
20,50	708	354	317	392	2480	18	9	3	15	62
21,00	726	363	325	401	2540	18	9	3	15	64
21,50	743	372	333	410	2601	19	9	3	15	65
22,00	760	380	341	419	2661	19	10	3	16	67
22,50	778	389	349	428	2722	19	10	3	16	68
23,00	795	397	358	437	2782	20	10	4	16	70
23,50	812	406	366	446	2843	20	10	4	17	71
24,00	829	415	374	455	2903	21	10	4	17	73
24,50	847	423	382	465	2964	21	11	4	17	74
25,00	864	432	390	474	3024	22	11	4	17	76
25,50	881	441	399	483	3084	22	11	4	18	77
26,00	899	449	407	492	3145	22	11	5	18	79
26,50	916	458	415	501	3205	23	11	5	18	80
27,00	933	467	423	510	3266	23	12	5	18	82
27,50	950	475	432	519	3326	24	12	5	19	83
28,00	968	484	440	528	3387	24	12	5	19	85
28,50	985	492	448	537	3447	25	12	5	19	86
29,00	1002	501	456	546	3508	25	13	5	20	88
29,50	1020	510	465	555	3568	25	13	6	20	89
30,00	1037	518	473	564	3629	26	13	6	20	91
30,50	1054	527	481	573	3689	26	13	6	20	92
31,00	1071	536	489	582	3750	27	13	6	21	94
31,50	1089	544	498	591	3810	27	14	6	21	95
32,00	1106	553	506	600	3871	28	14	6	21	97
32,50	1123	562	514	609	3931	28	14	7	22	98
33,00	1140	570	522	618	3992	29	14	7	22	100
33,50	1158	579	531	627	4052	29	14	7	22	101
34,00	1175	588	539	636	4113	29	15	7	22	103
34,50	1192	596	547	645	4173	30	15	7	23	104
35,00	1210	605	556	654	4234	30	15	7	23	106
35,50	1227	613	564	663	4294	31	15	8	23	107
36,00	1244	622	572	672	4355	31	16	8	23	109
36,50	1261	631	580	681	4415	32	16	8	24	110
37,00	1279	639	589	690	4476	32	16	8	24	112
37,50	1296	648	597	699	4536	32	16	8	24	113
38,00	1313	657	605	708	4596	33	16	8	25	115
38,50	1331	665	614	717	4657	33	17	8	25	116
39,00	1348	674	622	726	4717	34	17	9	25	118
39,50	1365	683	630	735	4778	34	17	9	25	119
40,00	1382	691	639	744	4838	35	17	9	26	121

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Скалин. В., Финкевич А. Д., Бернштейн А. Г. Цифровые системы передачи. – М.: Радио и связь, 1987.
- 2 Справочные материалы по проектированию. Аппаратура сетей связи: в 2 частях. Часть 2: Типовое сетевое и каналообразующее оборудование. – М., 1993.
- 3 Денисьева О. М., Мирошников Д. Г. Средства связи для последней мили. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ-НТЦ НАТЕКС, 2000.
- 4 Парфенов Ю. А., Мирошников Д. Г. Последняя миля на медных кабелях. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ-НТЦ НАТЕКС, 2001.
- 5 Приказ № 92 «Об утверждении норм на электрические параметры основных цифровых каналов и трактов магистральной и внутризоновых первичных сетей ВСС РФ».
- 6 Техническое описание ЦСП ИКМ-15/30М.
- 7 Техническое описание цифрового унифицированного кабельного линейного тракта модернизированного ЦУКАТ-М.
- 8 Техническое описание ЦСП ИКМ-30/60.
- 9 Мешковский К. А., Птичников М. М. Аппаратура ИКМ-480. – М., 1999.

Учебное издание

Евсеенко Галина Николаевна

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Учебное пособие

Редактор *Фомина Е.Н.*

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «SchoolBook».

Усл.-печ. л. 6,25. Уч.-изд. л. 1,35. Тираж 50 экз.

Ростовский-на-Дону государственный колледж связи и информатики
344082, г. Ростов-на-Дону, ул. Тургеневская, 10