

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧ и КР)

Оптические цифровые телекоммуникационные системы

***ИЗУЧЕНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЛИ-
НЕЙНОГО СВЕТОВОДНОГО ТРАКТА
АППАРАТУРЫ «СОНАТА У»***

Руководство к лабораторной работе для студентов специальности
210401 - Физика и техника оптической связи

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники
(ТУСУР)**

**Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧиКР)**

УТВЕРЖДАЮ

Зав.каф. СВЧи КР

_____ С.Н.Шарангович
“ ____ ” _____ 2011г.

Оптические цифровые телекоммуникационные системы

***ИЗУЧЕНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЛИ-
НЕЙНОГО СВЕТОВОДНОГО ТРАКТА
АППАРАТУРЫ «СОНАТА У»***

Руководство к лабораторной работе для студентов специальности
210401 - Физика и техника оптической связи

Разработчики:

проф. каф.СВЧиКР Коваленко Е.С.,
студент Щербаков Д.Е

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Основные теоретические положения.....	3
1.1. Структура линейного тракта оптических цифровых систем передачи.....	3
1.2. Помехи в цифровом линейном тракте.....	5
1.3. Коды, используемые в цифровых линейных трактах.....	6
1.4 Особенности представления цифровых сигналов.	9
Методы представления сигналов в виде диаграмм.....	9
1.5 Глазковые диаграммы.....	10
2. Описание аппаратуры «Соната - 2».....	13
2.1. Общая характеристика аппаратуры.....	13
2.2. Структурные схемы аппаратуры «СОНАТА- 2».....	13
2.3. Структурная схема блока РЛ.....	16
3. Система обслуживания линейных световодных трактов аппаратуры «СОНАТА 2».....	18
4 Экспериментальное задание.....	20
4.1. Порядок подготовки к выполнению работы.....	20
4.2. Проверка общестоечной сигнализации.....	20
4.3. Измерение мощности оптического сигнала.....	20
4.4. Проверка индикации и измерение коэффициента ошибок.....	20
4.5. Проверка включения режима телеконтроля по аварии, приему и принудительно.....	21
4.6. Проверка индикации данных стоечного контроля и телеконтроля.....	21
4.7. Проверка параметров импульсов на выходе комплекта ВВГ.....	22
4.8. Проверка параметров импульсов на выходе комплекта ВВГ.....	22
5. Контрольные вопросы.....	22
Список литературы.....	23

Введение

В начале 80-х годов в Советском Союзе была разработана и производилась аппаратура волоконно-оптических систем передачи типа «Соната», предназначенная для использования в городских сетях. Эта аппаратура позволяет по одной паре многомодовых оптических волокон осуществлять дуплексный режим передачи в цифровом формате 120 телефонных каналов со скоростью 8.448 Мбит/с. В станции используется типовое цифровое каналообразующее оборудование вторичного временного группирования (ВВГ), обеспечивающее формирование стандартного вторичного потока.

Цель настоящей лабораторной работы является ознакомление со структурой, измерение параметров и проверка технического состояния оборудования линейного цифрового тракта ОЛСТ аппаратуры ВОСП «Соната У».

1. Основные теоретические положения

1.1. Структура линейного тракта оптических цифровых систем передачи

Линейный тракт цифровой оптической системы передачи (рис. 1.1) содержит передающее и приемное оконечное оборудование линейного тракта (ОЛТ), направляющую среду, в качестве которой используется оптический кабель, и регенерационные пункты, которые могут быть обслуживаемыми (ОРП) и необслуживаемыми. (НРП) [2]. Большая часть регенерационных пунктов является необслуживаемыми, питание которых осуществляется дистанционно с ОРП. Кроме того, с ОРП обеспечивается контроль за состоянием линейного тракта.

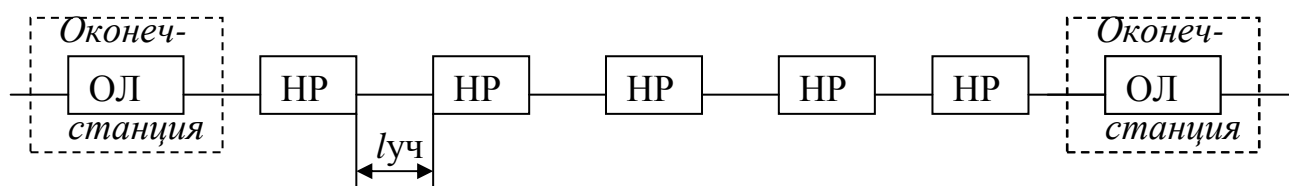


Рис. 1 Линейный тракт цифровой оптической системы передачи

Оборудование линейного тракта предназначено для согласования характеристик группового ИКМ-сигнала с характеристиками направляющей среды. Регенераторы восстанавливают первоначальную форму, амплитуду и временные положения импульсов, т. е. параметры цифрового сигнала, которые претерпевают искажения при передаче по линии. В процессе регенерации в результате воздействия помех и различных дестабилизирующих факторов в исходной последовательности (рис. 1.2, а) возникают ошибки, представляющие собой неправильно опознанные и восстановленные символы (рис. 1.2,б показаны стрелкой), и фазовые флуктуации, представляющие собой неточно восста-

новленные по временному положению импульсы и пробелы (на рис. 1.2, в показаны *) [2]. Ошибки, возникающие в процессе регенерации цифрового сигнала, приводят к искажениям передаваемого аналогового сигнала после его демодуляции на приеме. В соответствии с этим качество передачи сигналов по трактам ЦСП характеризуется коэффициентом ошибок $K_{ош}$, равным отношению числа ошибочно восстановленных символов к общему числу, и величиной фазовых флуктуаций, определяемой отношением отклонения временного положения восстановленных символов от тактовых точек к длительности тактового интервала. Следует отметить, что при теоретических расчетах и оценках определяется вероятность ошибки $P_{ош}$, а не $K_{ош}$.

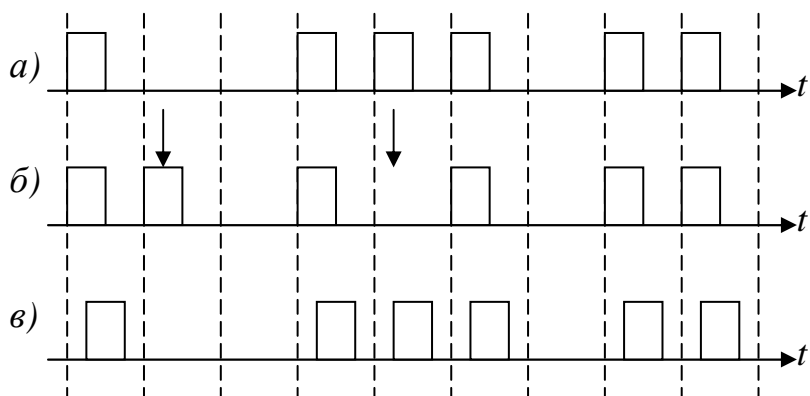


Рис. 1.2

Рис. 2 Искажения сигнала при регенерации

При передаче телефонных сигналов по каналам систем ИКМ с ВРК, влияние ошибок проявляется в виде щелчков. Экспериментально установлено, что эти щелчки наиболее заметны, если произошла ошибка в одном из двух наибольших по весу символов в кодовой группе некоторого канала, так как в результате их ошибок наиболее существенно изменяется амплитуда соответствующего АИМ отсчета на выходе декодера. С точки зрения качества передачи информации допустимо не более одного щелчка в минуту. Так как в течение одной минуты для каждого канала передается $60 \cdot f_{д} = 60 \cdot 8 \cdot 10^3 = 480 \cdot 10^3$ кодовых групп, то допустим ошибочный прием одного из $2 \cdot 480 \cdot 10^3 = 960 \cdot 10^3$ символов в минуту [2]. Если принять, что ошибочный прием любого символа равновероятен, то допустимая вероятность ошибки для всего тракта $P_{ош} \leq 1/960 \cdot 10^3 \approx 10^{-6}$.

При передаче сигналов стандартных групп каналов в системах передачи с ИКМ (ИКМ с ЧРК) ошибочная регенерация любого символа в цифровом линейном тракте приводит к искажению в каждом канале, входящем в передаваемую методом ИКМ группу. Однако, как показывают расчеты, при вероятности ошибки в линейном тракте $P_{ош} \approx 10^{-6}$ психофотометрическая мощность помех в одном канале ТЧ не превышает 300 пВт, т. е. относительно мала [2].

При прохождении цифрового сигнала по линии число ошибок в нем будет увеличиваться пропорционально числу включенных регенераторов (если помехозащищенность на всех участках одинакова). Если же на одном из участков регенерации из-за чрезмерно высокого уровня помех коэффициент ошибок

оказывается более чем на порядок выше требуемого, то он будет определять коэффициент ошибок всего тракта в целом. Это обстоятельство надо учитывать при проектировании линейного тракта ЦС с ИКМ, уменьшая длину соответствующих участков регенерации до требуемой величины.

Величина фазовых флуктуаций в линейном тракте, как в основном определяется структурой и статистическими характеристиками передаваемого цифрового сигнала, а также способом построения регенератора. Наличие фазовых флуктуаций, с одной стороны, приводит к увеличению $K_{ош}$ в линейном тракте за счет флуктуаций моментов формирования стробирующих импульсов в регенераторах, а с другой стороны — к дополнительным искажениям в каналах ТЧ за счет появления фазовых флуктуаций в АИМ - сигнале на выходе декодера.

Допустимая величина $K_{ош}$ определяет максимальную длину участка регенерации, а шумы в канале, вызываемые фазовыми флуктуациями, определяют максимальное число используемых регенераторов.. Величины коэффициента ошибок и фазовых флуктуаций, определяются многими факторами, в частности параметрами линии и передаваемого сигнала, способом построения регенераторов и т. п.

1.2. Помехи в цифровом линейном тракте

Основными видами помех в цифровом линейном т являются: межсимвольные, собственные,, переходные, вызванные наличием несогласованностей на участках регенерации, а также помехи от устройств коммутации (например, приборов АТС) и промышленные.

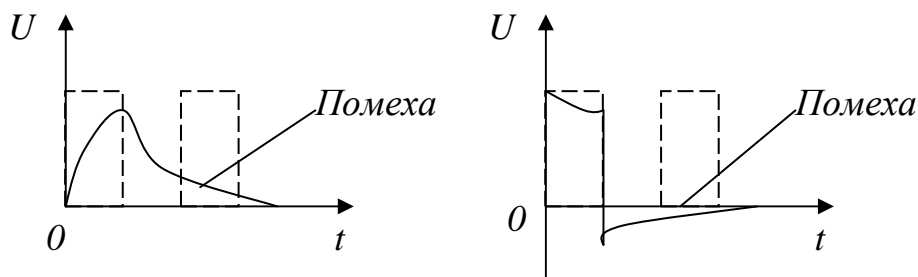


Рис 1.3

Рис. 3

Основной причиной появления межсимвольных помех являются искажения цифрового сигнала, вызванные ограничением полосы пропускания линейного тракта в области как нижних, так и верхних частот. Ограничение полосы частот сверху имеет место из-за увеличения затухания линии с ростом частоты [2]. Возникающие при этом искажения символов показаны на рис. 1.3, а. Следует отметить, что аналогичные искажения импульсов возникают за счет нелинейности фазо-частотной характеристики тракта. Ограничение полосы частот линейного тракта снизу связано с подавлением составляющих низкочастотной части спектра передаваемого сигнала за счет включения на входе и выходе регенераторов симметрирующих трансформаторов, обеспечивающих гальваническую развязку между регенератором и линией. Величина межсимвольной помехи данного вида (рис. 1.3,б) определяется значениями частот нижнего среза АЧХ симметрирующих трансформаторов. Если частота среза не превышает 1%

тактовой частоты, то межсимвольная помеха при передаче квазитроичных кодов составляет не более 5% амплитуды импульса и ее дополнительное подавление в регенераторе не требуется [2].

Уменьшить межсимвольные влияния можно как за счёт формирования кода в линии с оптимальным для передачи энергетическим спектром, так и за счет выбора параметров узлов регенератора.

Весьма опасными для цифровых систем передачи оказываются импульсные помехи, источниками которых являются процессы коммутации электрических сигналов на АТС и в энергосетях. Импульсные помехи, как правило, состоят из относительно редких пакетов коротких импульсов большой амплитуды. Спектр импульсных помех имеет широкий частотный диапазон (до нескольких мегагерц), поэтому импульсные помехи быстро затухают в кабеле и их влияние распространяется только на прилегающие к АТС участки регенерации, которые рекомендуется выполнять укороченными.

К возникновению помех также приводит наличие несогласованностей в линейном тракте, которые обуславливаются несогласованностью на входах и выходах регенераторов и неоднородностью кабеля и приводят к возникновению отраженных сигналов.

1.3. Коды, используемые в цифровых линейных трактах

Код используемый для передачи по линейному тракту любой ЦСП, должен удовлетворять следующим основным требованиям [2]:

- спектр линейного сигнала не должен содержать постоянной составляющей, что позволяет использовать симметрирующие трансформаторы и обеспечивать дистанционное питание регенераторов постоянным током;
- энергетический спектр сигнала должен занимать как можно более узкую полосу частот, причем желательно, чтобы максимум этого спектра лежал в области относительно низких частот, что позволяет получить большие длины участков регенерации, так как в области низких частот уменьшаются затухание кабеля и переходные влияния;
- должна обеспечиваться возможность выделения сигнала и тактовой частоты, необходимого для нормальной работы регенераторов;
- структура кода должна быть такой, чтобы в случае ее нарушения за счет возникновения ошибок в процессе регенерации можно было бы осуществлять контроль за коэффициентом ошибок в процессе эксплуатации.

Формирование энергетического спектра сигнала в соответствии с указанными требованиями позволяет свести к минимуму величину искажений цифрового сигнала при его передаче по линейному тракту, а следовательно, уменьшить вероятность ошибок в процессе регенерации сигнала. Рассмотрим два наиболее, распространенных кода, используемых в линейном тракте ЦСП: квазитроичный код с чередованием полярности импульсов (ЧПИ) и код с высокой плотностью единиц (КВП), которые подходят для использования в линейных цифровых трактах.

В коде с ЧПИ (рис. 4,б) осуществляется чередование импульсов положительной и отрицательной полярности при преобразовании единичных символов

исходной двоичной последовательности, изображенной на рис. 1.4а, вне зависимости от числа нулевых символов между ними. Благодаря указанному

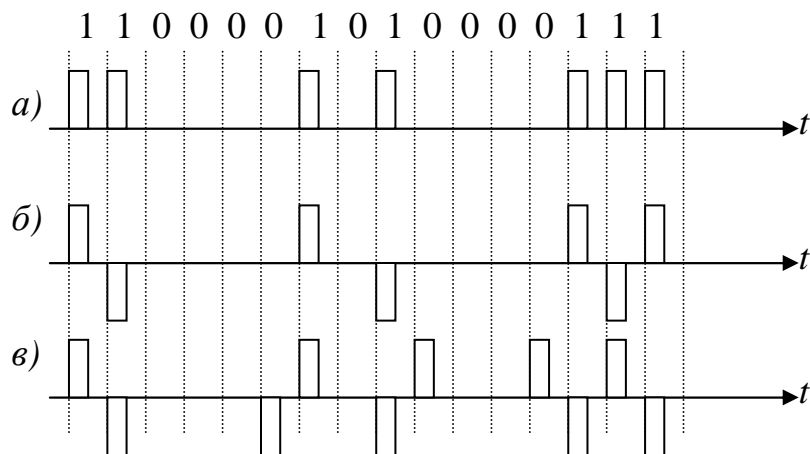


Рис. 4 Типы цифровых кодов

принципу преобразования в энергетическом спектре кода в линии исключается постоянная составляющая. При этом цифровая сумма не будет выходить за пределы $+1/2$ и $-1/2$, если полный размах линейного сигнала принять равным 1 [2]. Энергетический спектр цифрового сигнала с ЧПИ при равной вероятности появления единичного и нулевого символов представлен на рисунке 1.4,б. На рис. 1.5,а для сравнения изображен энергетический спектр исходного двоичного сигнала в RZ коде. Как видно из рис. 1.5,б, энергетический спектр кода с ЧПИ не содержит составляющую с частотой f_t , поэтому при выделении сигнала тактовой частоты в регенераторе необходимо преобразовать код в линии в униполярный двоичный код, в спектре которого (рис. 5,а) содержится составляющая с частотой f_t .

Основная энергия кода с ЧПИ сосредоточена в области частот близких к $0,5 f_t$. Поэтому расчет затухания участка регенерации и оценка взаимных влияний, должны осуществляться на $0,5 f_t$.

Благодаря используемому принципу чередования полярности импульсов код с ЧПИ позволяет легко обнаруживать ошибки, возникающие при регенерации сигнала, так как ошибка при регенерации любого символа приведет к нарушению принципа чередования полярностей символов в линейном тракте. По числу таких нарушений за определенное время можно оценить коэффициент шибков в линейном тракте. При этом следует иметь в виду, что в некоторых случаях ошибки могут оставаться необнаруженными (если, например, ошибки имели место при регенерации нескольких подряд следующих символов и не нарушили при этом заданный принцип построения кода).

Наиболее существенным недостатком кода с ЧПИ является необходимость передачи по линейному тракту сигнала с длинными сериями нулей, что может нарушить нормальную работу регенераторов, так как затрудняется процесс выделения тактовой частоты. С целью устранения этого недостатка было разработано несколько модификаций кода с ЧПИ, наибольшее распространение среди которых получил код КВП-3.

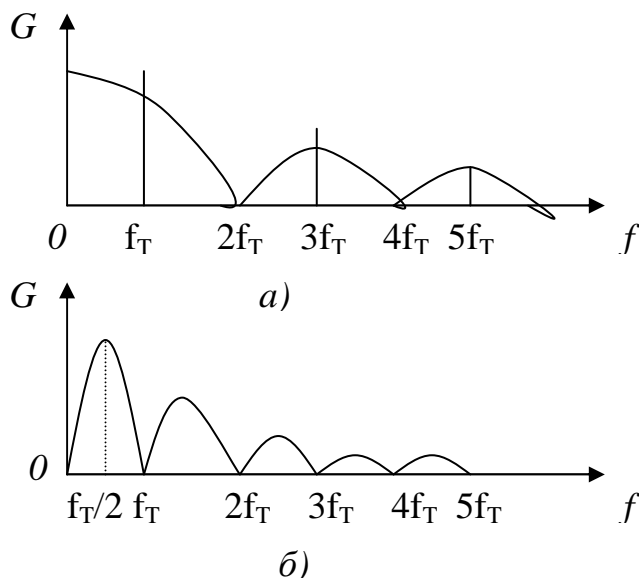


Рис. 5 Энергетические спектры кодов NRZ и ЧПИ

Принцип построения кода КВП-3 такой же, как и кода с ЧПИ, до тех пор, пока между двумя единичными символами не появится более трех следующих подряд нулевых символов. При этом каждая последовательность из четырех нулевых символов (0000) в исходном двоичном коде заменяется одной из двух последовательностей вида $VOOV$ или $OOOV$, где V обозначает импульс, полярность которого противоположна полярности предшествующего импульса, а O — импульс, полярность которого повторяет полярность предыдущего импульса. Комбинация вида $OOOV$ используется в том случае, если после предыдущего символа V появилось четное число символов O , а комбинация $VOOV$, если после предыдущего символа V появилось нечетное число символов O . Использование двух замещающих последовательностей обеспечивает чередование полярности символов V , появляющихся в различных местах линейного сигнала, что, в свою очередь, позволяет устранить влияние этих символов на среднее значение, которое так же, как и у кода ЧПИ, оказывается равным нулю. Однако цифровая сумма кода КВП-3 из-за введения символов V оказывается больше, чем для кода с ЧПИ, и может составлять $2(+1/2)$ или $2(-1/2)$. Формирование кода КВП-3 поясняется на рис. 14в. [2].

Таким образом, при использовании кода КВП-3 существенно сокращается диапазон изменения вероятности появления единичных символов в линейном сигнале, который ограничивается пределами $0,25 \leq p(1) \leq 1$, в то время как в коде с ЧПИ вероятность появления единичного символа в случайной последовательности практически может уменьшаться до нуля. Следовательно, при

использовании кода КВП-3 существенно улучшаются условия работы устройств хронирования регенераторов. Энергетический спектр КВП-3 весьма близок к виду, представленному на рисунке 1.5,б.

При использовании кода КВП-3 также возможен контроль за величиной коэффициента ошибок в линейном тракте. В этом случае оценку коэффициента ошибок можно осуществлять путем анализа таких нарушений чередования полярности следования импульсов типа V, которые оказались нескомпенсированными. При этом следует иметь в виду, что ошибки, возникающие в цифровом тракте, могут привести к размножению ошибок в процессе преобразования кода в линии в двоичный код на приеме. Например, если в процессе передачи по линейному тракту последовательность символов +10-1+1 трансформируется в последовательность +100+1, то на приеме она будет воспринята как комбинация вида В00V и заменена двоичной комбинацией 0000, т.е. вместо одной ошибки появляются три [2].

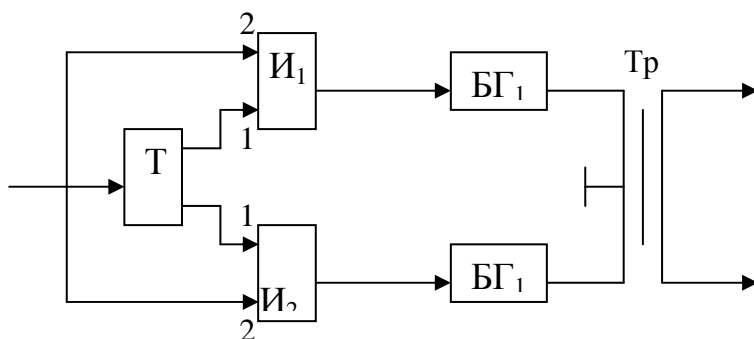


Рис. 6

Преобразование исходной двоичной последовательности в квазитроичный код с ЧПИ осуществляется в преобразователе кода, схема которого представлена на рисунке 6. Триггер Т, на счетный вход которого подается исходная двоичная последовательность, при поступлении очередного единичного символа меняет своё состояние на обратное. Выходы триггера соединены с первыми входами И₁ и И₂; на вторые входы этих схем подается исходная последовательность. Переключения триггера приводят к тому, что схемы И открываются поочередно. В соответствии с их состоянием происходит запуск соответствующих блокинг-генераторов (БГ₁ и БГ₂), находящихся в ждущем режиме. Блокинг-генераторы формируют импульсы с заданными параметрами, а благодаря использованию выходного трансформатора (Тр) со средней точкой полярность выходных импульсов, поступающих от каждого плеча, оказывается различной. Таким образом создаётся квазитроичный сигнал с ЧПИ.

1.4 Особенности представления цифровых сигналов. Методы представления сигналов в виде диаграмм

Отличие цифровых сигналов от аналоговых заключается в их дискретной структуре. Если параметры аналоговых сигналов меняются во времени непрерывно, то параметры цифровых сигналов изменяются дискретно, в этом и со-

стоит основное отличие цифровых сигналов от аналоговых. Такая особенность цифровых сигналов позволяет использовать для их анализа ряд специфических методов. Эти методы широко применяются для анализа различных цифровых систем современных телекоммуникаций [4]. Один из таких методов, метод глазковых диаграмм, будет рассмотрен ниже.

Помимо достаточно хорошо известных методов аналоговых сигналов с использованием осциллограмм и спектрального анализа, в методологии измерений цифровых сигналов широкое распространение получило представление в виде специальных диаграмм, что определяется дискретной природой сигналов. При проведении измерений получили распространение два основных класса диаграмм: диаграммы физических параметров цифровых сигналов, к которым относятся глазковые диаграммы и диаграммы состояний, а также алгоритмические диаграммы, к которым относятся древовидные диаграммы [4].

Диаграммы физических параметров используются для анализа как простых бинарных цифровых сигналов, так и сложных сигналов современных цифровых телекоммуникаций – многоуровневых (таких как сигналы линейного кодирования ISDN (Цифровая сеть с интеграцией служб) и т. д.) и модулированных сигналов (применяемых в радиочастотных системах передачи и системах радиосвязи).

Алгоритмические диаграммы используются для анализа сигналов в виде дифференциальных модуляций и современных алгоритмов кодирования информации.

1.5 Глазковые диаграммы

Удобным в практическом применении является определение качества цифрового сигнала с помощью экспериментального метода глазковых диаграмм (ГД) или глаз-диаграмм, учитывающих влияние всех факторов (шумы, обусловленные дисперсионными явлениями в оптоволокне, частотные и фазовые искажения, вносимые элементами оптического линейного тракта, т.е. интерференционные и межсимвольные помехи) на качество передачи.

Глаз-диаграмму можно наблюдать на экране осциллографа, если на его вход подать псевдослучайную последовательность импульсного сигнала, а синхронизацию развертки, осуществлять с тактовой частотой этого сигнала. При этом налагаемые друг на друга временные диаграммы должны иметь все возможные сочетания соседних символов, т. е. исследуемая последовательность должна быть псевдослучайной.

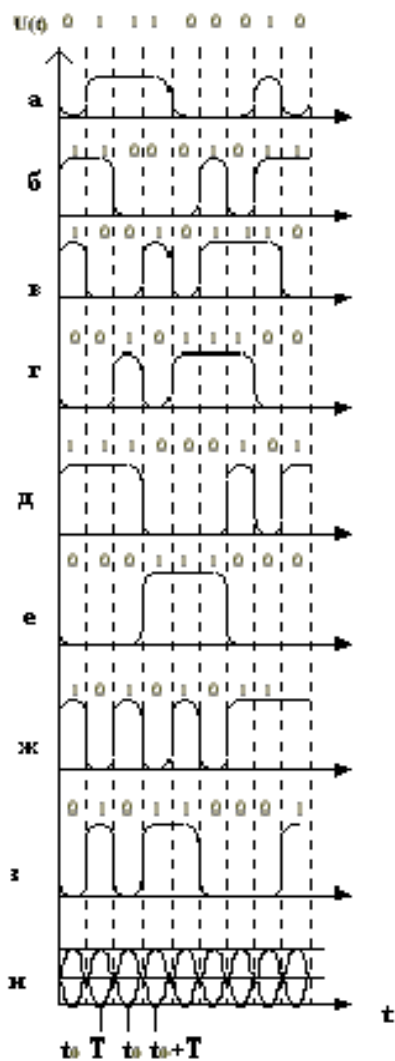


Рис. 7 Глаз диаграмма
а) при отсутствии МСП
б) При наличии МСП

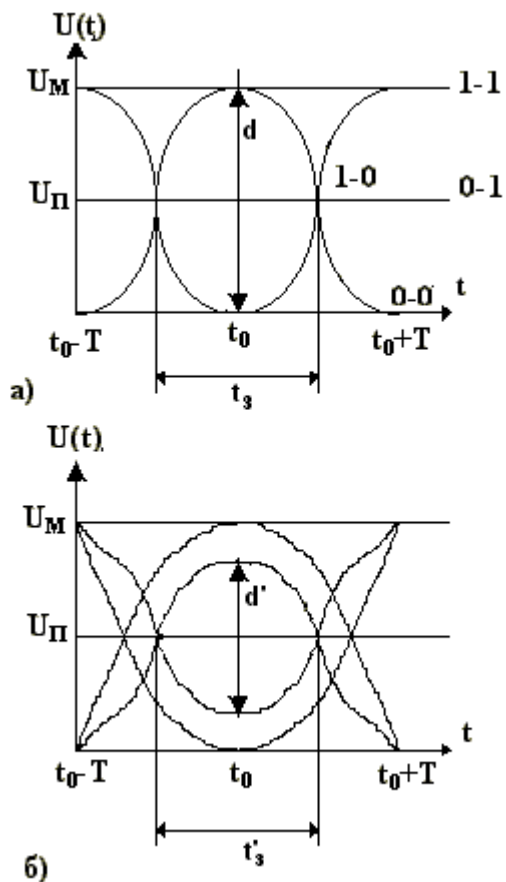


Рис.8 Формирование глаз-диаграммы

На рис. 7, а—з показаны восемь возможных осциллограмм двухуровневого импульсного сигнала при отсутствии МСП. При наложении этих осциллограмм друг на друга на экране осциллографа получается изображение, показанное на рис.1.7, и. Как видно из этого рисунка, процесс получается периодическим и поэтому его достаточно рассмотреть на двух соседних тактовых интервалах, например от $t_0 - T$ до $t_0 + T$, где t_0 — середина рассматриваемого тактового интервала, который изображен крупным планом на рис. 8. а. Этот рисунок является глаз-диаграммой для двухуровневого импульсного сигнала при отсутствии межсимвольных помех, когда длительность импульсов (символов) не превышает тактовый интервал T . Через d обозначена зона «раскрытия» ГД. При отсутствии шумов и искажений раскрытие максимален. Через t_3 обозначена ширина зрачка ГД, характеризующая интервал времени, в пределах которого осуществляется стробирование информационной последовательности. Таким же образом можно рассмотреть форму глаз-диаграммы для трехуровневого кодирования сигналов.

При учете межсимвольных искажений диаграммы, приведенные на рис. 7, а — з, будут искажаться за счет переходных процессов.

В результате этого будут искажены фронты и амплитуды импульсов и глаз-диаграмма примет вид, показанный на рис. 8, б. Из сравнения рис. 3, а и б следует, что в результате действия переходных процессов (МСП) произошли уменьшение раскрыва d' и ширины зрачка dt_3' ГД на величины Δd , характеризующую межсимвольные искажения и Δt_3 , характеризующую пиковое фазовое дрожание или джиттер, соответственно. Если значение порога U_{II} и момент стробирования t_0 в решающем устройстве выбраны так, что пересечение линий, им соответствующих, оказывается внутри глаз-диаграммы, то на выходе решающего устройства (РУ) будет зарегистрировано правильное (безошибочное) решение. Из рис. 3, а и б следует, что значения U_{II} и t_0 наиболее целесообразно выбирать так, чтобы пересечение линий, им соответствующих, оказалось бы в центре глаз-диаграммы.

2. Описание аппаратуры «Соната - 2»

2.1. Общая характеристика аппаратуры

Аппаратура «СОНАТА-2» предназначена для использования на ГТС, хотя в настоящее время она также используется для районных и сельских АТС, когда использование систем СЦИ экономически нецелесообразно. ВОСП «СОНАТА-2» организует вторичный цифровой тракт по оптическому кабелю. В этом случае скорость передачи информации составляет 8448 Кбит / с. Технические характеристики аппаратуры:

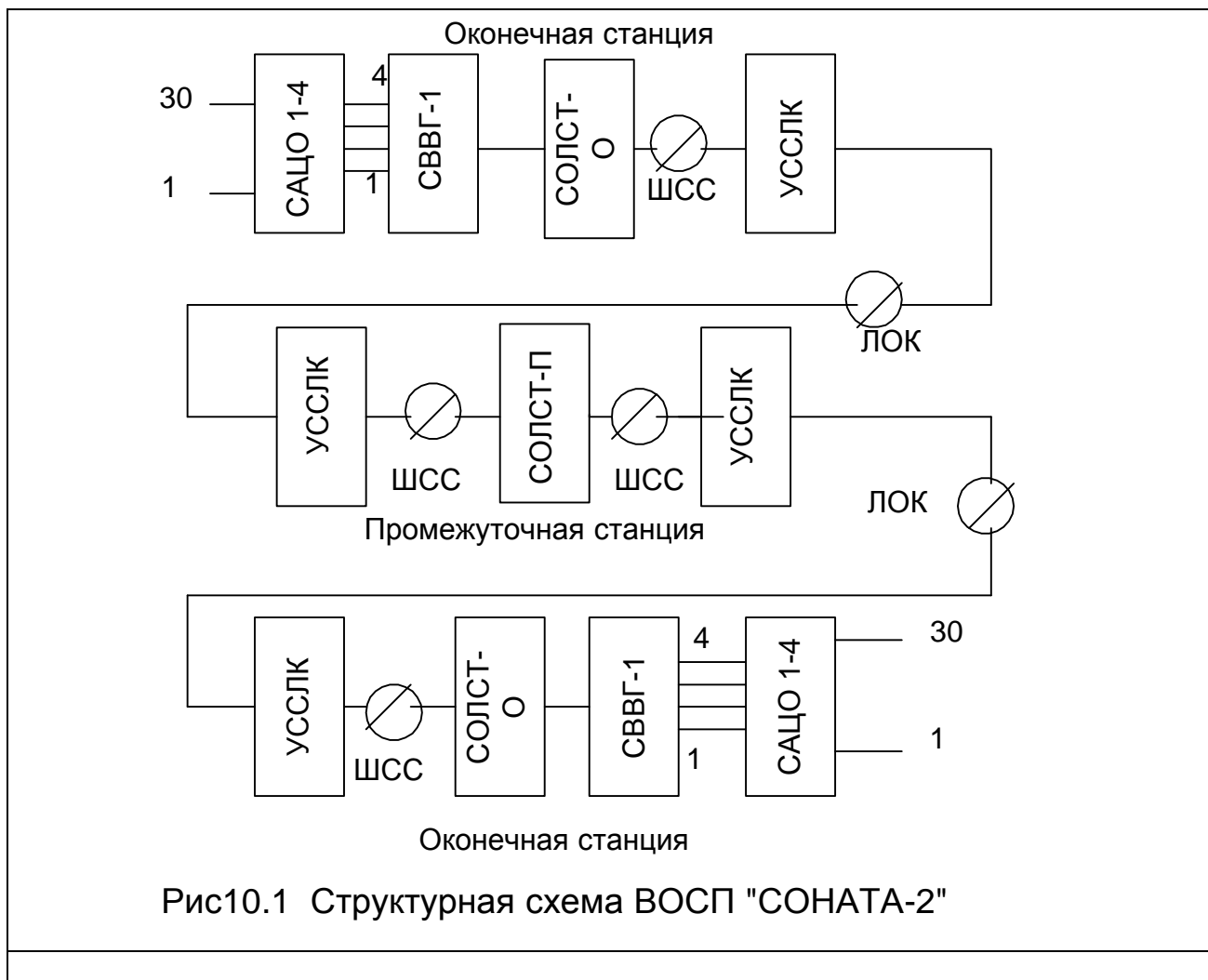
1. Число каналов ТЧ. На одной паре волокон	120
2. Длина волны излучения (мкм)	0.85
3. Оптическая мощность, вводимая в волокно (дБм)	0
4. Энергетический потенциал системы (дБ) не менее	50
5. Длина регенерационного участка (км) для ОК с затуханием 5 дБ / км	
Максимальная	8.5
Номинальная	7
6. Максимальное число промежуточных регенерационных пунктов	9
7. Максимальная длина линейного тракта (км)	80-120
8. Коды	
Линейный	СМІ
Стыковой	HDB-3
9. Значение суммарного коэффициента ошибок, не более	10^{-8}

Работа ВОСП обеспечивается типовой цифровой каналообразующей аппаратурой включающей в себя 4 комплекта аппаратуры ИКМ-30, каждый из которых формирует первичный групповой поток со скоростью передачи 2048 Кбит / с и объединяет 30 телефонных каналов потребителей. Типовой каналообразующей аппаратурой вторичного временного группообразования (ВВГ) обеспечивается формирование стандартного вторичного цифрового потока. Этот поток со скоростью передачи 8448 Кбит / с и лежит в основе формирования в линейном оптическом кабеле.

2.2. Структурные схемы аппаратуры «СОНАТА- 2»

Структурная схема ВОСП «СОНАТА-2» представлена на рис.2.1. Из него видно, что наиболее крупными элементами ВОСП являются оконечные станции, промежуточные станции, и участки линейного оптического кабеля. Оконечные станции содержат стойку с комплектами аналого-цифрового оборудования (САЦО - с комплектами ИКМ-30), Стойку аппаратуры вторичного временного группообразования (СВВГ), стойку оборудования линейного световодного тракта (СОЛСТ-О) и устройство стыка станционного и линейного ОК (УССЛК). СОЛСТ -О и УССЛК соединены между собой шнуром соединительным световодным (ШСС). Выходом УССЛК является линейный оптический кабель.

Все преобразования сигналов на стыке между аппаратурой СВВГ и линейным световодным трактом осуществляются в стойке оборудования линейного световодного тракта (СОЛСТ-О). Здесь происходит компенсация затухания сигнала в кабельной линии при приеме сигналов и формирование оптического сигнала при передаче его в ЛОК, стоечный контроль, телеконтроль (ТК), организация служебной связи (СС).



Структурная схема стойки оборудования линейного световодного тракта (СОЛСТ-О) представлена на рис 10. В нее входят два типа кассет: КОЛСТ –О - кассета оборудования линейного световодного тракта и КООС - кассета оборудования обслуживания стойки. Эти кассеты имеют следующие блоки:

- ПК- преобразователь кодов, выполняющий преобразования линейных кодов HDB_3 в код СМІ и обратно.
- РЛ – регенератор линейный, выполняющий роль приема и передачи оптических сигналов, их обработки и регенерации электрических сигналов в коде СМІ.
- КТ – блок контроля тракта, в котором определяются ошибки в передаче сигналов в коде СМІ, обнаружение сигнала системы обслуживания (СО) и преобразования его в стандартный сигнал со скоростью 64 Кбит / с . В такой форме этот сигнал передается в блок КТ-2 системы обслуживания и

на основе информации от блока КТ-2 формируется вторичный сигнал СО, поступающий на приоритетный вход передающей части РЛ.

- КК – Блок контроля кассеты, который выполняет функции сбора первичной информации о состоянии оборудования кассеты и передачи этой информации в кассету оборудования обслуживания стойки (КООС):
- КС- - блок контроля стоечного оборудования:

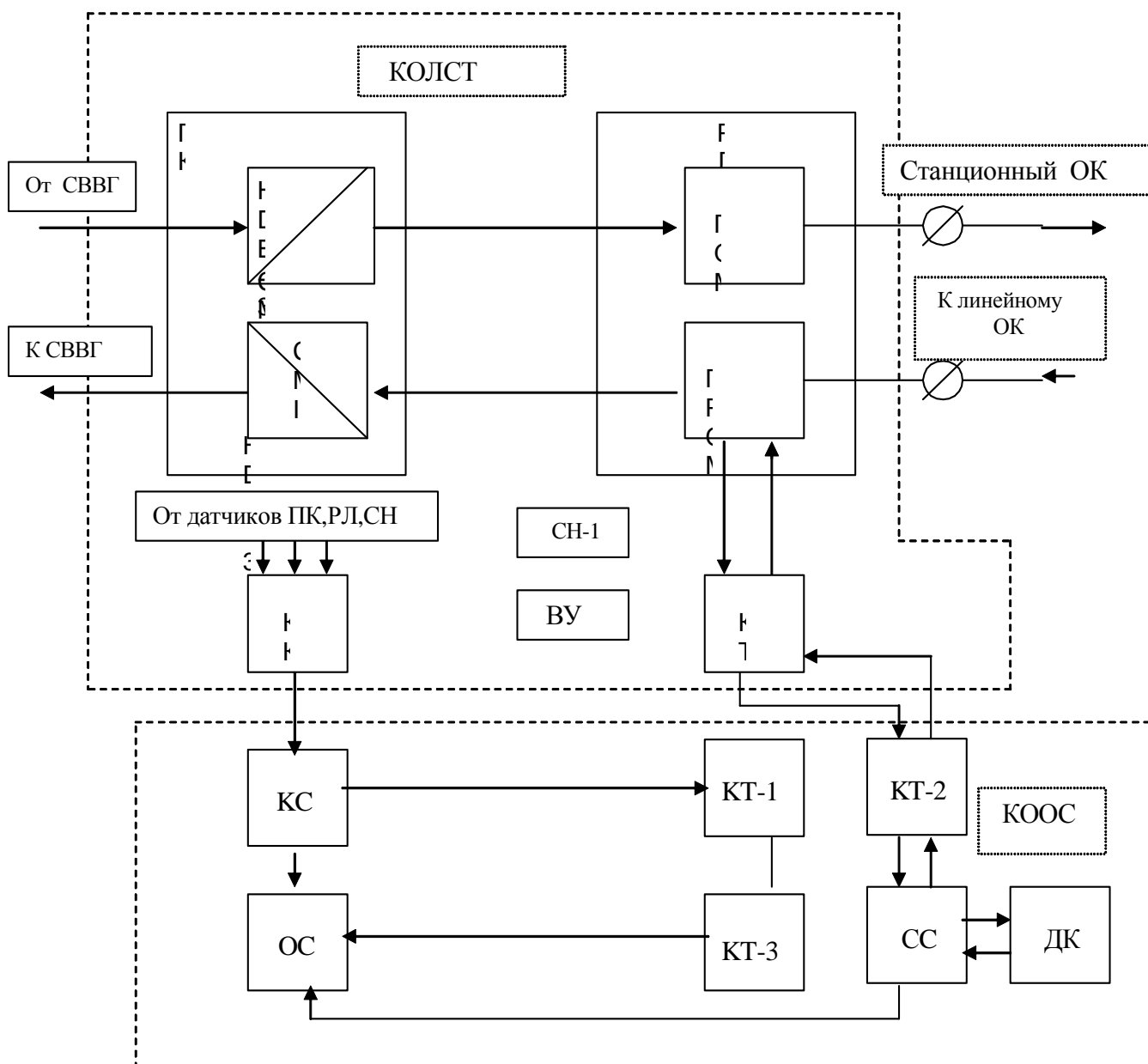


Рис. 12 Структурная схема СОЛСТ-О

- КТ-1, КТ-2 и КТ-3 - блоки контроля трактов, функции которых рассмотрим несколько позднее, но как видно из рис. 12 именно с этих блоков поступают сигналы в блок ОС:
- СС - блок обработки сигналов служебной связи:
- ДК – дельта – кодек, который преобразует речевой сигнал служебной связи в цифровую форму, а также обеспечивает обратное преобразование:

- СН-1 – стабилизатор напряжения, обеспечивающий два питающих напряжения – 5 В и 12 В. Таких блоков в каждой кассете по два.
- ВУ – входное устройство, обеспечивает фильтрацию напряжения -60 В и выполняет также функцию обнаружения и сигнализации о неисправности блока СН-1.
- Кассета оборудования обслуживания стойки – КООС обеспечивает контроль состояния не более четырех КОЛСТ, формирует первичные сигналы телеконтроля о состоянии оборудования, а также принятой информации ТК, а также выполняют другие функции организации СС и ТК.

2.3. Структурная схема блока РЛ

Структурная схема данного блока представлена на рис.13.

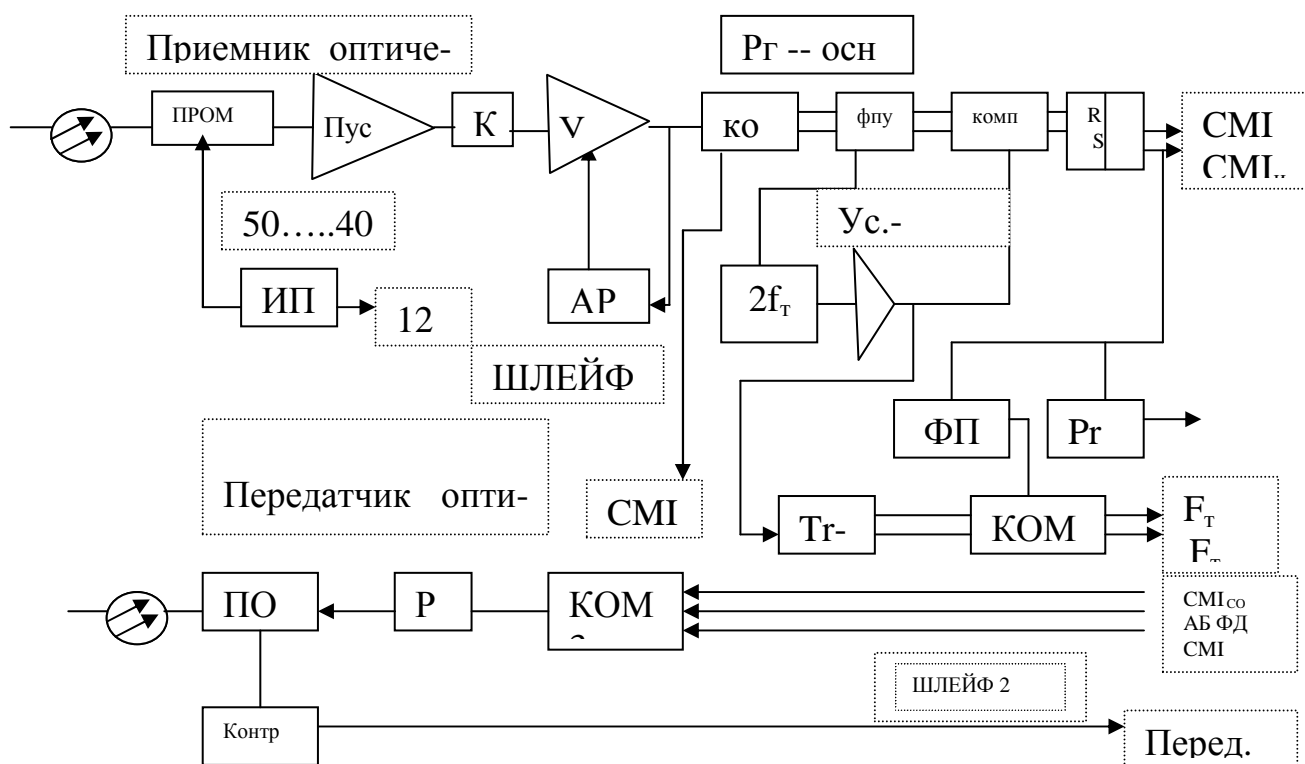


Рис. 13 Структурная схема блока РЛ

Основными элементами блока РЛ являются: фотоприемник, регенератор, оптический передатчик. В приемном оптическом модуле ПРОМ, поступающий оптический сигнал преобразуется в сигнал электрический, причем в станции «СОНАТА» в качестве фотодетектора используется ЛФД. Питание ЛФД осуществляется от источника питания ИП, напряжение которого может изменяться от 50 до 400 В. Входной электрический сигнал усиливается вначале предварительным усилителем Пус, затем его форма корректируется корректором К и затем усиливается основным усилителем УС до амплитуды 1 В. Величина амплитуды на выходе основного усилителя поддерживается постоянной с помощью схемы АРУ, управляющей коэффициентом усиления этого усилителя и также коэффициентом преобразования ЛФД (последняя цепь на рис.10.4 не показана). Далее сигнал поступает на вход основного регенератора.

Первым структурным элементом регенератора является коммутатор КОМ 1, основное назначение которого - передать на вход последующего формирователя порогового уровня –ФПУ информацию не только об уровне входного сигнала, но также информацию, необходимую для формирования порогового уровня. Формирователь порогового уровня формирует, во-первых, сигнал с амплитудой необходимой для работы схемы последующего компаратора – КОМП и, во-вторых, пороговый уровень компаратора. Кроме этого в ФПУ происходит изменение формы входного сигнала с целью повышения в его спектре амплитуды синхросигнала с двойной тактовой частотой $2f_T$. Эта составляющая сигнала выделяется затем кварцевым фильтром и поступает затем на усилитель –ограничитель, усиливается и затем преобразуется в импульсную форму с регулируемой фазой. Этот сигнал поступает на компаратор, где строится на уровне 0.5 амплитуды отрицательным фронтом, соответствующим максимальному отношению сигнал / шум на входе регенератора.

На выходе компаратора имеется два потока импульсов. Эти потоки поступают на S и R входы RS-триггера – Тр-1. На вход S поступает сигнал, повторяющий сигнал с частотой $2f_T$, в котором отсутствуют переходы, если отрицательный фронт синхросигнала $2f_T$ совпадает с отсутствием сигнала СМІ. Из этих двух сигналов RS-триггер формирует выходной сигнал в коде СМІ. Синхросигнал $2f_T$ поступает также на счетный триггер Тр-2, где его частота уменьшается в 2 раза. Фаза этого сигнала на выходе счетного триггера имеет неопределенность 180° из-за случайной установки триггера в момент включения или случайных сильных помех. Поэтому сигнал с триггера поступает на выход не сразу, а через коммутатор КОМ-2. С помощью коммутатора устанавливается фаза выходного сигнала $2f_T$. Сигнал управления коммутатором вырабатывается формирователем управляющего сигнала –ФПУ по положительному фронту СМІ.

Оптический передатчик в блоке РЛ изображен в нижней части структурной схемы рис 2.4. Как видно на оптический передатчик могут поступить три сигнала: вторичный сигнал СО (СМІ СО), принятый сигнал СМІ с выхода через переключатель « Шлейф 2» для организации шлейфа и третьим сигналом является информационный сигнал в коде СМІ с блока ПК. Эти сигналы поступают соответственно на входы 1, 2, 3 коммутатор КОМ-3. КОМ-3 имеет на входе схему, обеспечивающую различный приоритет входных сигналов. Самый высокий приоритет имеет вход 1, наименьший приоритет имеет вход 3. Поэтому сигнал 3 передаваться не будет, если на входе 2 или 3 также присутствует сигнал. С коммутатора КОМ-3 сигнал поступает на расширитель импульсов, который компенсирует сужение импульсов при их преобразовании из электрической формы в оптический сигнал. Само преобразование завершается в передающем оптическом модуле ПОМ, с выхода которого сигнал через оптический соединитель поступает в блок КС и на выход блока РЛ. Отметим наличие на структурной схеме блока регенератора электрического вспомогательного $P_{г\text{всп}}$. Он предназначен для передачи сигналов ТК (телеконтроля) в направлении А-Б.

3. Система обслуживания линейных световодных трактов аппаратуры «СОНАТА 2»

При полном заполнении стойки, система обслуживания (СО) рассчитана на обеспечение восьми линейных трактов с числом контролируемых пунктов в каждом тракте не более десяти. Система обслуживания работает по тем же световодам, по которым передается основная информация, Она рассчитывается исходя из необходимости удовлетворения следующим требованиям:

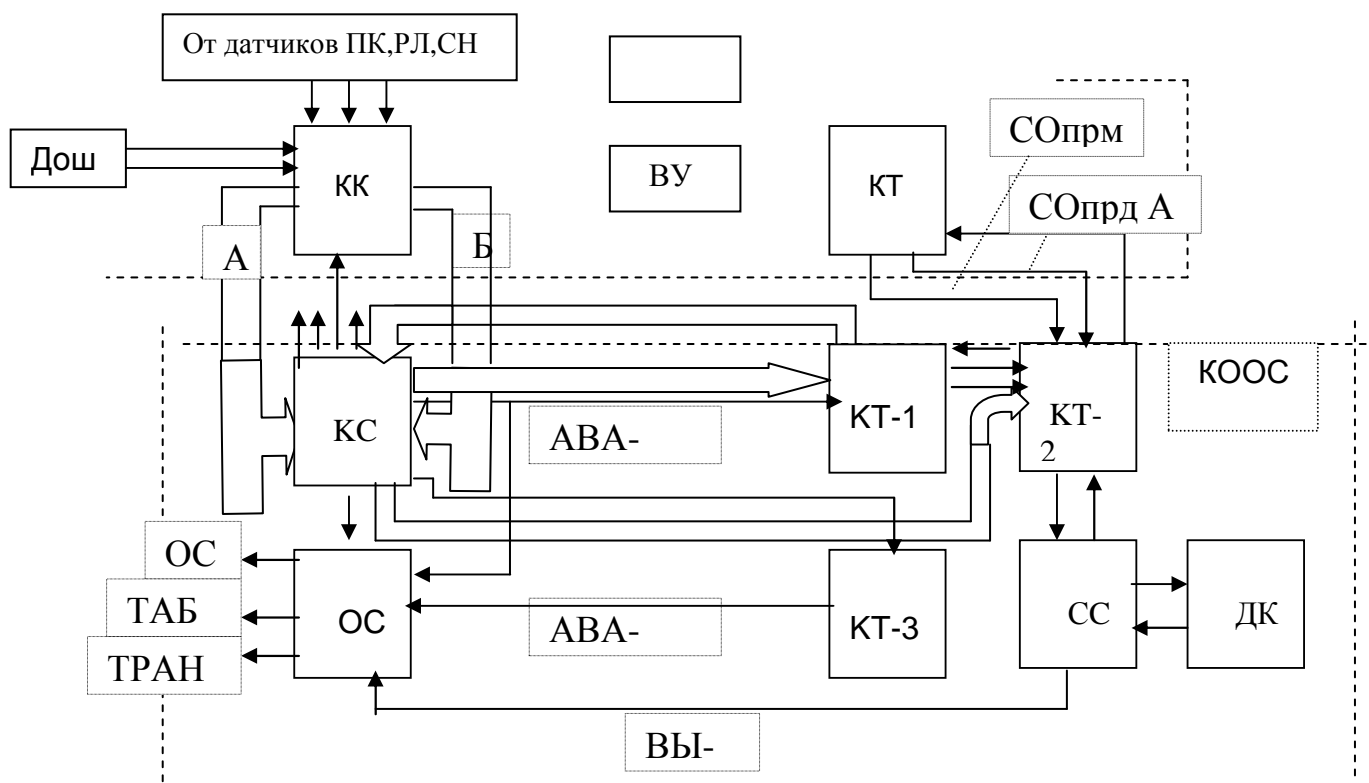


Рис. 14. Структурная схема системы обслуживания станции «Соната-2»

1. Система должна адаптироваться к различным повреждениям и обеспечивать одновременно отображение места и вида повреждения ЛСТ на обеих оконечных станциях даже при обрыве световодного кабеля;
2. Должна автоматически включаться в режим поиска повреждения и отображения его вида и места;
3. Время поиска повреждения и его отображения не должно превышать 5 с;
4. В системе кроме световодной служебной связи должна быть связь по отдельной проводной паре.

В состав СО входят связанные между собой следующие подсистемы: КС - контроля стоечного оборудования; КТ - контроля оборудования трактов; ОС - общестоечной сигнализации; СС - служебной связи. Упрощенный фрагмент системы обслуживания станции «Соната-2» представлен на рис. 2.4

Подсистема КС состоит из блоков КК - контроль комплекта и КС - контроль стойки. Они соединены между собой двумя четырёхрядными шинами

передачи данных. Блок КК осуществляет первичный сбор информации с датчиков состояния (ДС) контролируемых устройств, установленных на каждой блоке КОЛСТ. ДС формирует сигналы о:

- предаварийных ситуациях :
- Прд – предаварийное значение тока накачки;
- ОШ – значение коэффициента ошибок ($10^{-3} > Кош > 10^{-6}$);
- аварийных ситуациях:
- 5В,12В – неисправность источников вторичного питания СН –1;
- МЧПИ – пропадание сигнала НДВЗ на входе блока ПК(стык с КВВГ);
- ФД – пропадание оптического на входе РЛ;
- ПКпрд – пропадание сигнала СМІ на выходе блока ПК;
- ПКпрм – пропадание сигнала НДВЗ на выходе блока ПК (стык с СВВГ);
- РГ – пропадание сигнала СМІ на выходе блока РЛ;
- ОШ_{ав} – увеличение коэффициента ошибок в линейном сигнале больше допустимой нормы ($Кош > 10^{-3}$)

Блок КС является вторичным звеном сбора информации о состоянии контролируемого оборудования. Он взаимодействует с блоком КК и осуществляет запись в память, хранение, анализ и отображение информации о состоянии каскада ОЛСТ.

Подсистема КТ включает в себя блоки КТ1, КТ2, КТ3 и блоки КТ, установленные на КОЛСТ.

Блок КТ1 взаимодействует с блоком КС путем обращения к памяти последнего при включенном режиме СО в системе. На основе данных, принятых из блока КС он формирует сигнал телеконтроля в последовательном двоичном коде NRZ и далее работает в одном из режимов:

- дополнения сформированным сигналом принятой с соседних станций информации ТК и выдачи данных на блок КТ2 для образования передаваемого сигнала СО.
- самостоятельной циклической выдачи группы ТК в блок КТ2 для передачи в составе сигнала СО в направлении, с которого не принята информация СО.

Блок КТ2 вырабатывает тактовые импульсные последовательности, синхронизирующие работу КООС, блока КК. Он выдает на блоки КТ команды на включение последнего в режим СО принудительно, а так же на основе информации, принятой из блоков КТ и КС, а в блок КТ1 – команду на формирование сигнала ТК.

Блок КТ3 входит в состав только КООС – О и осуществляет прием и запись В ЗУ информации телеконтроля, анализ данных, и выдачу в блоке ОС сигнала «Авария»

4. Экспериментальное задание

4.1. Порядок подготовки к выполнению работы

4.1.1. Собрать рабочее место. Рабочее место должно содержать осциллограф С-75, частотомер ЧЗ-34, соединительные шнуры, Ваттметр поглощаемой мощности оптический ОМЗ- 65, Генератор оптических и электрических импульсов, Измеритель коэффициента ошибок, Штеккер ШС1/О-ОВ армированный на обоих концах кабеля, данное методическое пособие.

4.1.2. Включить приборы в соответствии с их техническими описаниями .

4.2. Проверка общестоечной сигнализации

Выключить кассету ОЛСТ и кассету ООС. Должны светиться левая лампа на верхней раме стойки, светится индикатор "60 В" на блоке ОС.

Включить кассету ООС, гаснет индикатор "60 В" на блоке ОС, светятся оба индикатора на блоке ВУ кассет ОЛСТ.

Нажать кнопку ОЗ на блоке ОС, светится средняя лампа на верхней раме стойки. Отжать кнопку ОЗ, гаснет средняя лампа.

Нажать и опустить кнопку СЗ на блоке ОС, должен светиться индикатор СЗ на блоке ОС.

Нажать и опустить кнопки ОТКЛ КК на блоках КК кассет ОЛСТ, должны светиться индикаторы на блоках КК, гаснет левая лампа на верхней раме стойки, гаснет индикатор СЗ на блоке ОС.

Нажать кнопку ПРОВ на блоке ОС, светятся правая и левая лампа на верхней раме стойки. Отпустить кнопку ПРОВ лампы гаснут.

Нажать и опустить кнопки ОТКЛ КК на блоках КК кассет ОЛСТ, гаснут индикаторы на блоках КК, светится левая лампа на верхней раме стойки.

4.3. Измерение мощности оптического сигнала

Включить кассеты ОЛСТ ЛСТ, при этом должны погаснуть индикаторы на блоках ВУ.

Отсоединить соединитель световодный от выхода блока РЛ.

Измерить среднюю мощность оптического сигнала на выходе блока РЛ с помощью штеккера и ваттметра.

4.4. Проверка индикации и измерение коэффициента ошибок

Составить план эксперимента по проверке работы индикаторов коэффициента ошибок в режиме передачи. Согласовать план с преподавателем и провести эксперимент. Результаты представить в отчете.

Отсоединить кабели стыка с аппаратурой ВВГ от входа и выхода кассеты ОЛСТ-О на стойке А.

Соединить вход кассеты ОЛСТ-О-2 с выходом генератора в режиме МЧПИ, а выход её с входом измерителя в режиме МЧПИ.

Измерить коэффициент ошибок с помощью измерителя.

4.5. Проверка включения режима телеконтроля по аварии, приему и принудительно

Проконтролировать отсутствие свечения индикаторов на блоке ВУ кассеты ОЛСТ.

Примечание. Нажать и отпустить кнопки на блоках КК дополнительных кассет. Проконтролировать свечение индикаторов на этих блоках.

Отсоединить выход аппаратуры ВВГ от стойки А.

Стойка А должна автоматически включить режим телеконтроля по аварии:

светится левая лампа "авария" на верхней раме стойки А;

светятся индикаторы ТК на блоках КТ2 всех стоек ЛСТ;

светятся индикаторы МЧПИ, номер проверяемого тракта на блоке КС на стойке А.

Стойки П и Б должны автоматически включить режим телеконтроля по приему:

светятся индикаторы Прд, Прм на блоках КТ проверяемого тракта всех стоек ЛСТ;

светятся индикаторы МЧПИ, одновременно со свечением индикатора А, номер пункта, присвоенной стойке А и номер проверяемого тракта на блоке КТ3 на стойки Б.

Соединить КВВГ со стойкой А. Стойка автоматически выключит режим телеконтроля. Гаснут выше перечисленные индикаторы.

Нажать кнопку ТК на блоке КТ2 с номером, соответствующим проверяемому тракту. Стойка включит режим телеконтроля принудительно:

светятся индикаторы ТК на блоках КТ2 всех стоек ЛСТ;

светятся индикаторы Прд, Прм на блоках КТ всех стоек ЛСТ;

4.6. Проверка индикации данных стоечного контроля и телеконтроля

Отсоединить КВВГ от стойки А. Светятся индикаторы МЧПИ одновременно с индикатором А на блоке КС стойки А. Светятся индикаторы номер пункта и номер тракта, МЧПИ одновременно с индикатором А на блоке КТ3 стойки А. Соединить КВВГ от стойки А. Гаснут выше перечисленные индикаторы.

Замкнуть выход 5В на лицевой панели одного из блоков СН 1 кассеты ОЛСТ. Светятся индикаторы 5В и А и Б попеременно на блоке КС. Светятся индикаторы :

ФД одновременно с индикатором Б и номер тракта на блоке КС соседней стойки П;

номер пункта и номер тракта, ФД одновременно с индикатором Б и индикатор "запятая" на блоке КТ3 стойки Б.

4.7. Проверка параметров импульсов на выходе комплекта ВВГ

Включить комплект ВВГ и панель обслуживания ПО-В в соответствии с пунктом 4.4 лабораторной работы № 2 , используя блок ОС-В4 с генератором ПСП.

Измерить параметры импульсов на выходе приёмной части комплекта ВВГ в сторону первичного цифрового потока с помощью осциллографа С1-75. Для этого установите режим работы осциллографа «ВНУТР.», используя два пробника , измерьте параметры импульсов на резисторе в гнезде колодки «ВЫХ4», расположенных на левом вводе КВВГ. Сравните результаты с номинальными параметрами.

Информационные сигналы на выходе комплекта должны иметь следующие параметры:

- а) вид кода биполярный (АМІ) ;
- б) амплитуда импульсов 3 В;
- в) время нарастания и спада импульсов (от уровня 0,1 до 0,9 амплитуды импульса) не более 80 нс;
- г) длительность импульсов (на уровне 0,5 амплитуды) 240 нс.

4.8. Проверка параметров импульсов на выходе комплекта ВВГ

Проверьте линейный световодный тракт в гнездах колодки «ВХ 8448 кбит/с», расположенной на правом вводе КВВГ, также используя осциллограф С1-70. Пронаблюдайте ГЛАЗ-ДИАГРАММУ передачи. Для чего соедините КВВГ с кассетой ОЛСТ, засинхронизируйте осциллограф от тест-сигнала , выведенного на лицевой панели блока ОС-В4. Соедините с помощью шнура РХ6.644.466 выходные гнезда колодки «ТЕСТ СИГНАЛ, 0 дБ» на лицевой панели блока ОС-В4 «ВХ1», соедините с помощью шнуров РХ4.860.864-4 (перемычек) гнезда колодок «ВЫХ1» с «ВХ2», «ВЫХ2» с «ВХ3» и «ВЫХ3» с «ВХ4», расположенных на левой панели ввода КВВГ, подключите резистор ОМЛТ-0,25-120 Ом \pm 5 % к гнездам колодки «ВЫХ4». Используя два пробника , наблюдайте глаз-диаграмму тест-сигнала на экране осциллографа в гнездах колодок «ВХ. 8448 кбит/с».

5. Контрольные вопросы

1. Каковы причины искажения сигналов в цифровых линейных трактах?
2. Каким требованиям должен удовлетворять цифровой сигнал в линии и почему?
3. Как в СП с ИКМ удовлетворяются требования, предъявляемые к цифровому сигналу в линии?
4. Начертите и поясните работу схему формирования сигнал в квазитроичном коде с ЧПИ .
5. Как формируется глаз-диаграмма ? Для чего она применяется ?
6. Назовите состав стойки ОЛСТ и назначение кассет оборудования ЛСТ.
7. Назовите состав кассеты ОЛСТ
8. Назовите назначение блока ПК.

9. Назовите функции блока РЛ.
10. Назовите элементы блока РЛ и поясните принцип их взаимодействия.
11. Какие функции выполняет кассета оборудования обслуживания стойки ООС?
12. Назовите состав кассеты ООС и поясните функциональные назначения ее элементов
13. Назовите назначение блоков КК, КС и КТ.
14. Когда включается режим телеконтроля и что при этом происходит?

Список литературы

1. Скляр О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи. Учебное пособие.- С-Пб : Лань, 2010. – 272 с.
2. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие .- М.: Эко-Трендз, 2008. -288 с.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи (4-е, дополненное издание)- М. : Эко-Тренд. 2007. -512 с..
4. Оптические цифровые телекоммуникационные системы: учебно-методическое пособие по практическим занятиям// Коханенко А.П., Шарангович С.Н. / Под ред. С.Н. Шаранговича – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2007. -78 с.
5. И.Р. Берганов и др. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи. – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.
6. В.И. Кириллов Многоканальные системы передачи. М.: «Новое знание», 2002, 749с.
7. В.В Яковлев Р. Ф. Федоров Стохастические вычислительные машины. - Л.: «Машиностроение» (ленинградское отделение), 1974. - 344с.
8. И. Г. Бакланов Методы измерений в системах связи. – М.: Радио и связь, 1999. – 1962 с.
9. Комплекс оборудования оконечных и промежуточных станций для волоконно-оптических городских линий связи (аппаратура «Соната-2»), Техническое описание.: АРФ1.223.004.ТО – Альбом N1.
10. Комплекс оборудования оконечных и промежуточных станций для волоконно-оптических городских линий связи (аппаратура «Соната-2»), Инструкция по эксплуатации.: АРФ1.223.004.ТО – Альбом N1.