Федеральное агентство связи

Уральский технический институт связи и информатики (филиал)

Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет

телекоммуникаций и информатики»



**Е.Б. Пермяков**

**МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

Методические указания по выполнению курсового проекта

для студентов заочной формы обучения на базе среднего (полного)

общего образования направления подготовки

210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

по профилю «Многоканальные телекоммуникационные системы»

Екатеринбург

2012

УДК 621.395.4

ББК 32.883

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры АЭС Гизатуллин М.Г.

Пермяков Е. Б.

Многоканальные телекоммуникационные системы: методические указания по выполнению курсового проекта / Е. Б. Пермяков. – Екатеринбург: УрТИСИ ФГОБУ ВПО «СибГУТИ» 2012. – 64c.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих дисциплину «Многоканальные телекоммуникационные системы» и содержат задания и методические указания по выполнению курсового проекта.

Рекомендовано НМС УрТИСИ ФГОБУ ВПО «СибГУТИ» в качестве методических указаний по выполнению курсового проекта для студентов, обучающихся по направлению подготовки 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по профилю «Многоканальные телекоммуникационные системы».

УДК 621.395.4

ББК 32.883

Кафедра многоканальной электрической связи

© УрТИСИ ФГОБУ ВПО «СибГУТИ», 2012

**Содержание**

Введение 4

1 Учебно-тематический план по разделам и видам занятий по

дисциплине «Многоканальные телекоммуникационные системы» 5

2 Общие указания по выполнению курсового проекта 6

3 Исходные данные к курсовому проекту 7

4 Пояснительная записка. Введение 8

4.1 Выбор и обоснование проектных решений 10

4.2 Расчет помехозащищенности цифровой линии передачи 29

4.3 Сервисные системы цифровой линии передачи 35

4.4 Организация дистанционного питания 38

4.5 Надежность цифровой линии передачи 40

Заключение 43

Библиография 44

Приложение А 45

Приложение Б 49

Приложение В 63

**Введение**

Данные методические указания по курсового проекта работы разработаны в соответствии с требованиями программы дисциплины «Многоканальные телекоммуникационные системы» по направлению подготовки 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по профилю «Многоканальные телекоммуникационные системы». Курсовой проект способствует глубокому изучению теоретического материала.

Для выполнения курсового проекта требуется предварительно изучить все основные разделы курса «Многоканальные телекоммуникационные системы».

Полученные в процессе работы знания способствуют усвоению и закреплению материала программы и позволяют в дальнейшем перейти к дипломному проектированию цифровых волоконно-оптических линий передачи междугородних сетей связи.

**УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПО РАЗДЕЛАМ И ВИДАМ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лек. | Пр. занят | Лаб. раб | СРС | Все-го |
| 1. | Введение. | - | - | - | - | - |
| 2. | Формирование стандартных групп каналов в МСП с ЧРК. Структура оконечных станций АСП. | - | - | - | 4 | 4 |
| 3. | Основные узлы оборудования АСП. | - | - | - | 2 | 2 |
| 4. | Линейный тракт АСП. | - | - | - | 2 | 2 |
| 5. | Методы цифровой обработки сигналов и виды модуляции | 1 | - | 2 | 10 | 13 |
| 6. | Структурная схема оконечной станции ЦСП и основные узлы оборудования. | 1 | 2 | 4 | 16 | 23 |
| 7. | Цифровые иерархии. | 1 | 2 | - | 16 | 19 |
| 8. | Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ). | 1 | - | - | 8 | 9 |
| 9. | Аппаратура ЦСП. | 1 | 2 | 2 | 18 | 23 |
| 10. | Принцип технической эксплуатации ЦСП. | 1 | - | - | 6 | 7 |
| ИТОГО: | | 6 | 6 | 6 | 82 | 100 |

**Общие указания по выполнению курсового проекта**

**на тему: «Цифровая линия передачи»**

Номер варианта выбирается по двум последним цифрам студенческого билета.

Курсовой проект начинается с обложки произвольной формы и должен содержать документы, подшитые в следующем порядке: лист описи, листы технического задания, лист отзыва рецензента, титульный лист пояснительной записки, лист содержания пояснительной записки, листы пояснительной записки (включая введение, разделы, заключение, библиографию) и графическую часть.

Текст пояснительной записки выполняется на листах формата А4, а графическая часть на листах формата А3 с использованием ЭВМ.

На листе содержания и графической части должна быть основная надпись по форме 2. На листах пояснительной записки предусмотреть основную надпись по форме 2а, нумерация страниц ведется с титульного листа, номер на нем не ставится.

При оформлении текстовой и графической частей пояснительной записки следует руководствоваться приложениями. На каждом листе предусмотреть рамку размерами 5 х 5 х 5 х 20 мм. Тип шрифта Times New Roman, кегль 14, абзацный отступ 15 мм, межстрочный интервал – 1, расстояние от рамки до заголовка раздела, подраздела 10 мм; заголовки разделов и подразделов с абзацного отступа, начинают с номера без точки, первая буква заголовка прописная, остальные – строчные; выравнивание текста посредине страницы; расстояние от верхней рамки до текста 10 мм, раздел начинать с новой страницы. Расстояние между заголовками раздела и подраздела 8 мм; расстояние между заголовком и текстом 15 мм; минимальное расстояние от текста до нижней рамки – 10 мм, минимальное расстояние от текста до левой и правой рамки – 3мм. Нумерацию формул вести по разделам:1.1, 1.2,…2.1, 2.2 и т.д.

Формулы должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation.

Оформление расчетов производится в последовательности:

* наименование, условное обозначение, единица измерения рассчитываемой физической величины, номер формулы;
* запись полной расчетной формулы с указанием порядкового номера;
* указание наименований, численных значений и единиц измерения исходных данных;
* подстановка данных в формулу, расчет и ответ с указанием единицы измерения;
* при наличии в ответе множителя «10n» показатель степени «n» должен быть кратен трем.

В конце всех расчетов дается заключение в соответствии цели расчетов.

Общий объем пояснительной записки не должен превышать 20-25 листов.

**Исходные данные к курсовому проекту**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Расстояние между пунктами А - Б, км | t max, 0С | Численность населения  в пунктах А и Б, тыс. человек |
| 01 | 80 | 10 | 668 / 753 |
| 02 | 120 | 471 / 1654 |
| 03 | 74 | 371 / 179 |
| 04 | 160 | 326 / 364 |
| 05 | 140 | 19 | 891 / 1470 |
| 06 | 176 | 1367 / 250 |
| 07 | 164 | 520 / 98 |
| 08 | 180 | 601 / 54 |
| 09 | 148 | 15 | 1436 / 92 |
| 10 | 168 | 1436 / 480 |
| 11 | 180 | 753 / 1260 |
| 12 | 169 | 147 / 180 |
| 13 | 210 | 11 | 1339 / 147 |
| 14 | 200 | 1250 / 217 |
| 15 | 220 | 110 / 2140 |
| 16 | 190 | 1475 / 668 |
| 17 | 200 | 18 | 1158 / 260 |
| 18 | 150 | 326 / 364 |
| 19 | 186 | 503 / 147 |
| 20 | 135 | 430 / 285 |
| 21 | 178 | 14 | 1436 / 54 |
| 22 | 164 | 520 / 290 |
| 23 | 170 | 220 / 670 |
| 24 | 150 | 520 / 640 |
| 25 | 142 | 16 | 310 / 580 |
| 26 | 176 | 120 / 140 |
| 27 | 170 | 1367 / 84 |
| 28 | 167 | 284 / 137 |
| 29 | 160 | 12 | 237 / 325 |
| 30 | 200 | 895 / 154 |
| 31 | 216 | 602 / 75 |

**Пояснительная записка**

Введение

Развитие науки и ускорение технического прогресса невозможны без совершенствования средств связи, систем сбора, передачи и обработки информации. В вопросах развития сетей связи страны большое внимание уделяется развитию систем передачи и распределения (коммутации) информации.

Наиболее широкое распространение в последнее время получили многоканальные системы передачи (МСП) с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Импульсно-кодовая модуляция была изобретена французским инженером А. Ривсом в 1937 году. Этому предшествовали теоретические работы отечественных и зарубежных ученых.

Развитие цифровых систем передачи (ЦСП) нельзя представить без теоретических работ по теории связи, основы которой заложены в работах К.Шеннона и В.А.Котельникова. Возможность передачи дискретизированных сигналов вместо непрерывных во времени и неискаженного их восстановления основана на применении теории отсчетов, открытой в 1933 году независимо друг от друга Найквистом и В.А. Котельниковым. Эта теорема формулируется следующим образом: если непрерывный сигнал имеет ограниченный спектр, то он полностью определяется последовательностью своих мгновенных значений в дискретные моменты времени, следующие с частотой, большей или равной удвоенной верхней частоте непрерывного сигнала.

Теорема В.А.Котельникова в формулировке автора относится к сигналам с ограниченным спектром. Строго говоря, все сигналы связи, и в том числе сигналы на входе канала, ограничены во времени и уже в силу этого имеют бесконечно широкий спектр частот; более того, в принципе, только сигналы с неограниченным спектром могут переносить полезную информацию. Поэтому теорему В.А.Котельникова применительно к реальным сигналам следует понимать как приближенное утверждение. Однако, степень этого приближения вполне достаточна для практики.

Таким образом, дискретизируемые сигналы в МСП с ИКМ можно считать практически ограниченными по спектру, и для них справедливы условия теоремы В.А.Котельникова.

Несмотря на то, что уже в первые годы после второй мировой войны была построена опытная 96-канальная линия связи с ИКМ, настоящее развитие импульсно-кодовые методы передачи получили лишь с 1956 года, после изобретения транзистора (1948 год) и разработки первого поколения электронных цифровых вычислительных машин.

В 1962 году был начат серийный выпуск 24-канальной аппаратуры Т-1, разработанной концерном Белл.

Дальнейшему развитию методов аппаратуры с ИКМ способствуют их существенные преимущества перед аналоговыми системами передачи:

* высокая помехоустойчивость;
* практическая независимость качества передачи от длины линии связи;
* стабильность параметров каналов ЦСП;
* эффективность использования пропускной способности каналов для передачи дискретных сигналов;
* простота математической обработки передаваемых сигналов;
* возможность построения цифровой сети связи;
* высокие технико-экономические показатели;
* исключительная технологичность производства на современной микроэлектронной базе.

Имеется определенный парк ЦСП с ИКМ, который непрерывно пополняется и совершенствуется. Так, отечественная промышленность серийно выпускает системы передачи ИКМ-15, ЗОНА, ИКМ-30 (ИКМ-30/4, ИКМ-30С), ИКМ-120 (ИКМ-120У, ИКМ-120/4), ИКМ-480 (ИКМ-480С, ИКМ-480х2), ИКМ-1920 (ИКМ-1920х2).

Основным недостатком ЦСП является необходимость использования для передачи одинакового объема информации более широкого, чем в МСП, линейного спектра частот, из-за чего промежуточные регенерационные пункты приходится размещать чаще, чем усилительные пункты в аналоговых системах передачи. Однако при использовании ЦСП для работы по оптическим кабелям, благодаря широкой полосе пропускания оптического волокна и малому его затуханию. Это обстоятельство оказывается не существенным и расстояние между регенерационными пунктами на оптическом кабеле во много раз превышает длину усилительного участка аналоговых систем передачи.

Самым существенным достоинством ЦСП является возможность передачи цифровых данных между ЭВМ и вычислительными комплексами без каких-либо дополнительных устройств преобразования или специальных аппаратных средств. В ЦСП единственным параметром, которым характеризуется качество передачи, является коэффициент ошибок. Каналы с малым коэффициентом ошибок в тракте передачи реализуются достаточно просто. В случае необходимости влияние ошибок, возникающих в тракте, можно практически полностью исключить, воспользовавшись теми или иными способами защиты от ошибок.

В новых ЦСП значительно расширены их функциональные возможности. Так, например, первичный мультиплексор строится я использованием принципов, принятых при построении ЭВМ, то есть по модульной структуре, включающей в себя системную цифровую шину для связи групповых и канальных устройств, выполняющих преобразование конкретных видов канальных сигналов в цифровые потоки со скоростями 64 или 64∙N кбит/с.

Программируемый ИКМ - мультиплексор позволяет осуществить оперативное ответвление и отключение каналов, а также заменить регулировку параметров канальных узлов введением корректирующих данных в память управляющего микропроцессора, что обеспечивает автоматизированный контроль параметров основных функциональных узлов.

Групповые устройства ИКМ - мультиплексора выполняются в виде

единого цифрового модуля, содержащего управляющий микропроцессор и сигнальные процессоры. Каждый процессор имеет устройства памяти, способные длительно хранить информацию.

Для обеспечения ввода, выделения и транзита цифровых каналов в мультиплексоре используются два взаимосвязанных микропроцессорных модуля, которые могут обмениваться командами управления и информационными байтами соответствующих каналов.

Аппаратура перспективных линейных трактов разрабатывается с применением БИС, СБИС, автоматического телеконтроля состояния НРП на основе микропроцессорной техники.

Широкое внедрение ЦСП на сетях связи совместно с аппаратурой сетевой синхронизации, аппаратурой управления синхронной сетью создает предпосылки для организации автоматизированной сети связи.

В учебном пособии рассматриваются вопросы проектирования линий передачи на основе ЦСП.

##### 1 Выбор и обоснование проектных решений

1.1 Основная задача курсового проектирования

При проектировании кабельной линии передачи следует исходить из необходимости обеспечения средствами связи пунктов на трассе, передачи сигналов различной информации. В настоящее время по каналам тональной частоты (ТЧ), а также по цифровым потокам передаются самые различные виды информации. Сигналы, с помощью которых передают различные виды информации, можно классифицировать как аналоговые и дискретные. К первой группе относятся речевые (телефонные), факсимильные (фототелеграф, фотогазета) сигналы, сигналы радиовещания и так далее. Ко второй группе – тональное телеграфирование, передача цифровой информации, передача данных и так далее.

Если в проектном задании указано количество каналов, которые необходимо организовать между пунктами, и при этом оговорены виды информации, а также их количество, то при выборе системы передачи, а также типа кабеля, необходимо учитывать технические возможности аппаратуры.

Тип кабеля выбирается в соответствии с выбранной или заданной ЦСП, емкость выбранного кабеля определяется количеством систем передачи. Для расчета параметров линейного тракта задаются максимальное и минимальное значения температуры грунта для местности, в которой проектируется кабельная линия передачи.

Основная задача проектирования линии передачи заключается в выборе трассы, типа кабеля, и системы передачи, обеспечивающих необходимое число каналов между заданными пунктами с учетом общей схемы развития сети и перспектив её развития. При проектировании следует предусмотреть возможность дальнейшего увеличения числа каналов связи.

Перед выполнением проекта следует изучить основные вопросы раздела ЦСП курса МСП: принципы построения оконечной и промежуточной аппаратуры, принципиальные и структурные схемы аппаратуры проектируемой системы передачи, нормирование основных электрических параметров цифровых потоков и каналов ТЧ.

1.2 Выбор трассы кабельной системы передачи

Выбор трассы осуществляется в процессе изысканий в соответствии с «Ведомственными нормами технологического проектирования» Министерства связи РФ. Длина трассы должна быть минимальной. В загородной части трасса должна проходить вдоль автомобильных дорог с круглосуточной эксплуатацией. В случаи отсутствия дорог в условиях Сибири, Дальнего Востока и Севера допускается по согласованию с заказчиком прокладка трассы в отдалении от дорог. Трасса должна проходить по землям несельскохозяйственного назначения в обход участков возможных обвалов и

оползней, а так же зон, зараженных грызунами. При проектировании следует учитывать расположение подземных коммуникаций, высоковольтных линий, электрифицированных железных дорог. Проектирование сближений и пересечений трассы с соответствующими объектами определяется нормативной документацией. В населенных пунктах в основном трасса должна проходить по существующей или проектируемой кабельной канализации, в тоннелях метро и, в особых случаях, в грунте.

Расстояние между пунктами по трассе определяется в процессе изысканий, а в условиях учебного процесса – по картам или атласам автомобильных дорог в соответствии с их масштабами.

В проекте приводится ситуационный план трассы. Для электрических расчетов расстояние между пунктами определяется также и по кабелю: с учетов неровностей и изгибов длина кабеля обычно превышает длину соответствующего участка трассы. Нормативные запасы составляют в среднем 2% от длины соответствующих участков.

При выборе трассы следует сравнить проектируемый вариант с другими целесообразными вариантами. Трасса кабельной линии выбирается так, чтобы при условии обеспечения связью всех необходимых пунктов, затраты на сооружение и эксплуатацию линии передачи были минимальными. В проекте приводятся краткие сведения о характере местности и грунта, сведения о пересекаемых реках, автомобильных, грунтовых и железных дорогах, о наличии сближений с линиями электропередачи, описание климатических условий местности. На ситуационном плане трассы, приведенном в проекте, следует нанести рассмотренные варианты трассы, выделив проектируемый вариант.

Выбор наиболее эффективного варианта трассы производится, исходя из следующих основных трёх требований:

1) минимальные капитальные затраты на строительство;

2) минимальные эксплуатационные расходы;

3) удобство обслуживания.

Для соблюдения указанных требований трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами и наименьшее количество препятствий, усложняющих и удорожающих строительство. Допускается спрямление трассы кабеля, если прокладка вдоль автомобильной дороги значительно удлиняет трассу.

При пересечении водных преград переходы выбирают в тех местах, где река имеет наименьшую ширину, нет скальных и каменистых грунтов, заторов льда и так далее. Следует избегать в месте перехода обрывистых или заболоченных берегов, перекатных участков, паромных переправ, стоянок судов, причалов и так далее.

Результаты сравнительного анализа рассмотренных вариантов оформляют в виде таблицы, приводят выкопировку из карты с указанием масштаба и направления сторон света, и приводят условные обозначения.

1.3 Характеристика оконечных и промежуточных пунктов

Материал этого подраздела направлен на обоснование организации связи между выбранными оконечными и находящимися на трассе пунктами.

Тяготение выбранных пунктов по услугам связи зависит, в первую очередь, от численности населения. Поэтому в характеристике приводится количество жителей по данным последней переписи населения.

Кроме того, степень заинтересованности во взаимосвязи зависит от экономических, культурных и социально-бытовых отношений между населёнными пунктами. В связи с этим характеристика населенных пунктов должна содержать сведения о предприятиях лёгкой и тяжелой промышленности, культурных центрах и учебных заведениях, транспорте и торговле.

На основе приведенных сведений делается вывод о естественном тяготении друг к другу указанных населенных пунктов. Задача, поставленная перед проектом, заключается в организации качественной связи для передачи информации различного вида между характеризуемыми населенными пунктами.

1.4 Обоснование и расчет потребного количества каналов

Число каналов, связывающих заданные населенные пункты, в основном, зависят от численности населения в этих пунктах и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи.

Численность населения в любом населенном пункте может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения. Обычно перепись населения осуществляется один раз в пять лет, поэтому при перспективном проектировании следует учесть прирост населения.

Количество населения в заданном пункте и его подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения рассчитывается по формуле

, чел. (1.1)

где H0 - число жителей во время переписи населения, чел.;

∆H - средний годовой прирост населения в данной местности, %

(принимается (2-3)%);

t - период времени, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения переписи населения, год.

Год перспективного проектирования принимается на 5-10 лет вперед по сравнению с текущим временем.

Если в проекте принять 5 лет вперед, то t = 5 + (tп – t0),

где tп - год составления проекта;

t0 - год, к которому относятся данные H0.

По формуле (1.1) рассчитывается численность населения и в населенных пунктах А и Б.

Степень заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социально-бытовых отношений между группами населения, районами и областями. Взаимосвязь между заданными оконечными и промежуточными пунктами определяется на основе статистических данных, полученных предприятиями связи за предшествующие проектированию годы. Практически эти взаимосвязи выражают через коэффициент тяготения Кт, который, как показывают исследования, колеблется в широких пределах от (0,1 до 12)%. В проекте можно принять Кт, = 5%, то есть иначе Кт,=0,05.

Учитывая это, а также то обстоятельство, что телефонные каналы в междугородней связи имеют превалирующее значение, предварительно необходимо определить количество телефонных каналов между заданными пунктами. Для расчета количества телефонных каналов можно воспользоваться приближенной формулой:

, (1.2)

где α и β - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной

доступности и заданным потерям; обычно потери задаются равными 5%,

тогда α = 1,3; β = 5,6;

y - удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, y = 0,05 Эрл;

mА и mБ- количество абонентов, обслуживаемых той или иной

АМТС, определяется в зависимости от численности населения,

проживающего в зоне обслуживания.

Принимая средний коэффициент оснащенности населения телефонными аппаратами χ равным от 0,4 до 0,8 (рекомендует преподаватель), количество абонентов в зоне АМТС m = χ∙H0.

Таким образом, можно рассчитать число каналов для телефонной связи между заданными пунктами. По кабельной линии связи организуют каналы и других видов связи, а также учитывают и транзитные каналы. Общее число каналов между двумя АМТС будет равно:

n= nтлф + nТГ + nЗВ + nПД + nТР + nТВ

где nтлф- число двусторонних каналов ТЧ для телефонной связи;

nТГ – число каналов телеграфной связи (принять равным 30% от

телефонных каналов);

nЗВ – число каналов для передачи сигналов звукового радиовещания (принять равным 10% от телефонных каналов с учетом ширины канала проводного вещания 1го класса, занимающего 4 канала ТЧ);

nПД – число каналов для передачи данных (принять равным 40% от телефонных каналов);

nТР – число транзитных каналов (принять 20% от телефонных каналов);

nТВ - число каналов телевизионного вещания.

Поскольку число каналов для организации связи различного назначения может быть выражено через число телефонных каналов, то есть каналов ТЧ, целесообразно общее число различных каналов выразить через телефонные каналы.

В проекте можно принять nТГ + nЗВ + nПД + nТР ≈ nтлф.

В проекте можно предусмотреть один односторонний телевизионный канал (занимает ≈1600 каналов ТЧ). Если трасса не проходит через столицы республик и областные центры (с численностью населения менее 500тысяч человек), то каналы телевидения можно не предусматривать.

Тогда общее число каналов рассчитывают по упрощенной формуле

n= 2∙nтлф + nТВ = 2∙nтлф + 1440.

В ЦСП ИКМ-1920 при использовании оборудования АЦО-ТС телевизионный аналоговый сигнал и сигнал звукового сопровождения преобразуются в три синхронных цифровых потока со скоростью передачи 34368 кбит/с каждый, это эквивалентно организации 3х480=1440 каналов ТЧ. Поэтому один канал телевизионного вещания занимает 1440 каналов ТЧ.

1.5 Выбор системы передачи и типа кабеля

Для выбора ЦСП и типа кабеля необходима информация о назначении проектируемой цифровой линии передачи, требуемой дальности связи, количестве каналов между оконечными и промежуточными пунктами.

Требуемое количество оконечных ЦСП, число симметричных или коаксиальных пар и структуру кабеля выбирают на основе рассчитанного числа

каналов для организации связи различного назначения.

Обычно ЦСП работают на симметричных кабелях по двухкабельной схеме организации связи, а на коаксиальных – по однокабельной. Выбор варианта организации цифровой линии передачи в проектной организации производится на основе сравнения капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов. Однако из-за того, что выбор типа кабеля определяется типом ЦСП, так как каждая система передачи разработана для определенных типов кабеля, в курсовом проекте систему передачи и тип кабеля рекомендуется выбирать только на основе рассчитанного числа каналов.

Марка кабеля определяется в зависимости грунта на трассе. Во всех случаях обязательным условием является экономическая эффективность цифровой линии передачи при соблюдении необходимых качественных показателей. В курсовом проекте необходимо привести основные технические характеристики системы передачи и кабеля, используя приложения А, Б, В.

При этом необходимо учесть, что для различных участков линии связи, в соответствии с условиями внешней среды, выбираются варианты основного

кабеля с различными покровами. Для прокладки в грунтах всех категорий используют кабели, бронированные двумя стальными лентами или со стальной гофрированной броней. В агрессивных грунтах или в местах с повышенной вероятностью электрокоррозии, блуждающими токами используются кабели с пластмассовыми оболочками поверх металлических. В кабельной канализации прокладывают небронированные кабели с металлическими или пластмассовыми оболочками. Бронированные и небронированные кабели с металлическими оболочками прокладываются на участках сильных электромагнитных влияний ЛЭП и других электротехнических и радиотехнических установок большой мощности. Когда марка кабеля однозначно не определена, выбор типа кабеля и расчет длины регенерационного участка решаются совместно на основе экономических соображений. Методика такого расчета приведена в пунктах 1.6.2 и 1.6.3.

1.6 Размещение регенерационных пунктов

1.6.1 Общие сведения о регенерационных пунктах.

Цифровой линейный тракт содержит передающее и приемное оборудование линейного тракта (ОЛТ), регенерационные участки и пункты.

Регенерационные пункты в основном являются необслуживаемыми (НРП) и только часть из них обслуживаемые (ОРП) или полуобслуживаемые (ПОРП).

Необслуживаемые пункты питаются дистанционно от оконечных (ОП) или промежуточных обслуживаемых и поэтому их стремятся выполнить по возможности экономичными по потреблению электроэнергии.

В некоторых системах передачи (ИКМ-120) отсутствует специальное оборудование ОРП. При необходимости обеспечить дальность передачи большую, чем длина секции дистанционного питания для таких систем следует организовывать обслуживаемые пункты переприема по линейному сигналу, групповым потокам или по ТЧ.

Секцией дистанционного питания называется расстояние между ОП - ОРП (ПОРП) или ОРП - ОРП, задаваемое в паспортных данных аппаратуры ЦСП.

Расстояние между ОП - НРП, НРП - НРП или ОРП - НРП называется длиной регенерационного участка.

При размещении ОРП необходимо руководствоваться следующими правилами:

- расстояние между ОП-ОРП или ОРП-ОРП не может превышать паспортной длины секции дистанционного питания;

- ОРП должны располагаться только в населенных пунктах;

- для аппаратуры, не предусматривающей в своём составе ОРП, последние

могут быть организованны путём объединения двух оконечных регенерационных трансляций, либо организации переприёма по ТЧ или стандартным цифровым потокам.

Такие трансляции, представляющие собой ОРП, должны располагаться только в населенных пунктах и на расстояниях, не превышающих паспортной длины линейного тракта.

Перед размещением НРП на трассе проектируемой линии передачи определяются населенные пункты, где будут расположены ОРП (ПОРП).

Расстояния между ними должны быть в пределах длин секций дистанционного питания (ДП), приведенных в приложении.

1.6.2 Размещение регенерационных пунктов при выбранной марке кабеля.

Номинальное затухание регенерационного участка при температуре 200С задается в технических данных аппаратуры (приложение А). Номинальная длина регенерационного участка для максимальной температуры грунта, отличной от 200С, определяется по формуле:

(1.3)

где aном - номинальное затухание регенерационного участка, дБ;

αмакс - коэффициент затухания кабеля на расчетной частоте ЦСП при

максимальной температуре грунта, дБ/км.

Коэффициент затухания кабеля на максимальной частоте определяется по формуле:

(1.4)

где - коэффициент затухания кабеля на расчетной частоте при температуре 200С, дБ/км;

- температурный коэффициент затухания кабеля на расчетной частоте, град-1;

tмакс- максимальная температура грунта, 0С.

Значения и для различных типов кабелей приводятся в приложении А. Если эти значения на расчетной частоте отсутствуют, то

величину с достаточной степенью точности можно принять равной (1,9 – 2,0)∙10-3 град-1.

В практически используемом спектре частот передачи по коаксиальным кабелям при современных изоляционных материалах составляющая затухания в диэлектрике незначительна и затухание можно рассчитать, имея в виду, что оно увеличивается примерно пропорционально :

.

где α - параметр функции, аппроксимирующей частотную зависимость коэффициента затухания (таблица 1.1);

- расчетная частота в МГц.

Таблица 1.1 – Параметры кабелей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип кабеля | Коаксиальный | | | | Симметричный |
| 2,6;9,5 | 2,6;9,4 | 1,2;4,6 | 0,7;3,0 | 1,2 |
| α | 2,44 | 2,54 | 5,47 | 9,03 | 5,35 |
| Zв, Ом | 75 | 75 | 75 | 75 | 150 |

Расчет количества регенерационных участков внутри секции ДП производится по формуле:

(1,5)

где E - функция целой части;

Lс - длина секции ДП (расстояние между ОП-ОРП или ОРП-ОРП), км;

. – номинальная длина регенерационного участка, берется из технических данных системы передачи.

Если - целое число, то.

Необходимое число НРП определяется по формуле:

- 1 (1.6)

Разработчиками ЦСП предусмотрено возможное отклонение длин участков от номинала в обе стороны. Для проектирования задается обычно разброс длин участков относительно номинального значения несколько меньший, чем позволяет оборудование ЦСП, что связано с возможным разбросом затухания кабеля и неточностью реализации длин участков в процессе строительства. В процессе проектирования трасса разбивается первоначально на участки номинальной длины, а затем по условиям местности производится привязка НРП с учетом допусков. Допустимые отклонения длин участков от номинала приведены в технических данных соответствующей ЦСП. Укороченные относительно номинала участки в пределах секции ДП при

проектировании линейных трактов следует располагать перед ОП, ОРП (ПОРП) или пунктом переприема по ТЧ, так как блоки линейных регенераторов современных ЦСП не содержат искусственных линий. При этом укороченные участки следует удлинить за счет включения искусственных линий, доводя их эквивалентную длину до значения, находящегося в пределах от минимально до максимально допустимых.

При необходимости можно производить размещение НРП с получением длин участков меньше или больше номинальной, причем длина регенерационного участка должна находиться в пределах возможных отклонений, согласно технической характеристике применяемой системы передачи. Взаимное расположение укороченных и удлиненных относительно номинала регенерационных участков в пределах секции ДП может быть произвольным.

При проектировании магистральной связи удлиненные регенерационные участки недопустимы. Это связано с тем, что вероятность ошибки значительно возрастает с ростом затухания регенерационного участка, при этом для всего линейного тракта ЦСП она определяется в основном вероятностью ошибки на худшем участке, которым является самый длинный.

При этом вероятность ошибки в проектируемой цифровой линии уже не будет пропорциональна абсолютной длине линии, а будет зависеть от статического распределения длин участков, что в большинстве случаев приводит к резкому уменьшению помехозащищенности, поэтому затрудняется её оценка.

1.6.3 Выбор типа коаксиального кабеля и расчет длины участка регенерации.

Одним из основных видов помех в линейных трактах на коаксиальном кабеле являются собственные помехи. Они включают в себя две составляющие: тепловые шумы кабеля и шумы усилительных элементов регенератора. При увеличении длины участка регенерации защищенность от собственной помехи уменьшается, так как затухание цепи возрастает с увеличением её длины.

Поэтому всегда существует максимально допустимая длина участка, при которой еще обеспечивается требуемая защищенность сигнала от собственной помехи в точке решения регенератора (ТРР), а, следовательно, вероятность ошибки в одиночном регенераторе остается не выше допустимой величины.

Ожидаемая величина защищенности регенератора от собственной помехи в ТРР рассчитывается по формуле:

(1.7)

справедливой при .

В этой формуле:

- абсолютный уровень пиковой мощности на выходе регенератора, дБ;

= 10

где F- коэффициент шума корректирующего усилителя (КУ) регенератора;

- тактовая частота цифрового сигнала в линии, МГц;

- коэффициент затухания кабельной цепи в дБ/км, рассчитанный по формуле (1.4);

- длина регенерационного участка, км;

Uпер - амплитуда линейного сигнала на выходе регенератора, В;

Zв - волновое сопротивление кабельной цепи, Ом.

Требуемую величину защищенности для получения заданной вероятности ошибки в одиночном регенераторе при использовании квазитроичного кода в линии и гауссовской помехе можно оценить по формуле:

, дБ (1.8)

справедливой при 10-15 ≤ Pош.1 ≤ 10-4,

где Pош.1 - вероятность ошибки в одиночном регенераторе,

- запас помехоустойчивости, учитывающий неидеальность регенератора, дБ.

В проекте можно принять = дБ.

Максимальную длину регенерационного участка lру макс находят из уравнения

приравнивая правые части уравнения (1.7) и (1.8) и учитывая, что

где Pо – допустимая вероятность ошибки на 1 км линейного тракта, км-1.

С целью обеспечения высокого качества передачи МСЭ-Т рекомендовал при разработке цифровых систем руководствоваться нормой Pо =10-10 км-1.

Это уравнение можно решать графически, построив в достаточно крупном

масштабе два графика: и .

Абсцисса точки их пересечения определяет корень уравнения – величину В проекте рекомендуется решать уравнение на ЭВМ, задаваясь значениями с шагом 0,05 км.

Результаты расчетов необходимо привести в таблице 1.2, графики – в тексте пояснительной записки.

В проекте необходимо выполнить расчеты для 2 - 3 типов кабелей. Выбор типа кабеля осуществляют на основе экономических соображений: рассчитывают укрупненные затраты на кабель и аппаратуру линейного тракта для рассматриваемых марок кабеля и анализируют полученные результаты.

Таблица 1.2 – Результаты расчетов длины регенерационного участка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Марка №1 кабеля |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Марка №2 кабеля |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Марка №3 кабеля |  |  |  |  |  |  |  |  |
| , дБ | |  |  |  |  |  |  |  |  |

Для этого определяют количество НРП в проектируемой цифровой линии передачи:

и их стоимость:

CΣнрп = C1нрп∙nнрп

Далее находят затраты на кабель CΣкаб = C1каб ∙L,

и суммарные затраты

CΣ = CΣнрп + CΣкаб (1.9)

и выбирают кабель с наименьшими суммарными затратами.

В приведенных формулах приняты следующие сокращения:

L – протяженность цифровой линии передачи, км;

n – количество ОРП (ПОРП);

C1нрп - стоимость одного НРП, тыс. руб.;

C1каб. - стоимость 1 км кабеля, тыс. руб.;

E – обозначение целой части от аргумента формулы.

1.6.4 Выбор типа симметричного кабеля и расчет длины участка регенерации.

В линейных трактах, построенных на основе симметричного кабеля с использованием ЦСП ИКМ-120У, ИКМ-120-4, ИКМ-120х2 и ИКМ-480С, наряду с собственной помехой приходится считаться с переходной помехой между парами одного и того же кабеля.

При двухкабельной схеме организации двухсторонней связи наиболее существенной оказывается переходная помеха, связанная с наличием переходного влияния на дальнем конце цепи. Наибольший уровень переходной помехи имеет место при передаче во влияющей цепи последовательности импульсов без пробелов с чередующейся полярностью.

Спектр такого сигнала содержит составляющую с полутактовой частотой и её нечетные гармоники. Поскольку полоса пропускания КУ ограничена тактовой частотой, то мешающее влияние будет оказывать только первая гармоника этой импульсной последовательности.

В рассматриваемом случаи защищенность от переходной помехи в ТРР ровна защищенности цепи на дальнем конце на полутактовой частоте.

Поэтому при использовании симметричного кабеля максимальную длину участка регенерации находят из уравнения учитывая, что

Формулы для оценки защищенности от переходных влияний на дальнем конце и при числе влияющих цепей m ≤ 4, имеют следующий вид:

(1.10а)

а при числе влияющих цепей m > 4

(1.10б)

где Al - переходное затухание на дальнем конце;

σl= 6,65 дБ - дисперсия защищенности для внутричетверочных комбинаций;

g =3дБ – допуск по защищенности при изготовлении регенераторов.

Уравнение можно решать графически, построив в достаточно крупном масштабе два графика и . Абсцисса точки их пересечения определяет корень уравнения – величину lру макс.

Выбор типа кабеля производится по методике раздела 1.5.2.

1.7 Расчет затуханий участков регенерации на рабочей частоте

Затухания участков регенерации рассчитываются при максимальной температуре грунта. Формула для расчета имеет следующий вид:

(1.11)

где =1 - затухание линейного трансформатора;

- затухание искусственной линии, дБ.

Искусственные линии устанавливаются только на укороченных участках и дополняют затухание последних до номинального значения. Если в технических данных ЦСП задана эквивалентная длина ИЛ, её затухание может быть рассчитано по формуле:

=

Рассчитанные значения затуханий участков регенерации записываются в таблицу 1.3.

1.8 Расчет уровней передачи, приема и усиления регенерационных пунктов

В отличие от аналоговых систем передачи с частотным разделением каналов, в цифровых системах рассчитываются следующие разновидности уровней передачи:

Абсолютный уровень пиковой мощности при воздействии единичного импульса цифрового сигнала:

(1.12)

Средний абсолютный уровень цифрового сигнала:

(1.13)

Этим уровням передачи соответствуют уровни приема на входе регенерационных пунктов

, дБ, (1.14)

, дБ,

Для проверки соответствия величин необходимых усилений усилительной способности регенератора на рабочей частоте определяется величина усиления корректирующего усилителя:

(1.15)

где - средний абсолютный уровень на выходе КУ.

(1.16)

где = 2,4 В - напряжение единичного импульса на входе решающего устройства, которое в ЦСП принято равным минимальному значению напряжения высокого потенциала в микросхемах серии К155;

= 1500 Ом - входное сопротивление решающего устройства регенератора.

В таблице А.1 приложения А приведены максимальные возможности регенераторов по перекрытию затухания участков регенерации. Реализация таких затуханий при включении в кабель нескольких ЦСП практически возможна только при подавлении всех помех, кроме помех, вызванных переходным влиянием на дальний конец. Поэтому затухание кабельной линии на участке регенерации, которое должно быть равно Sус, выбирают примерно на (10 - 15) дБ меньше максимальной возможности регенераторов по перекрытию затухания участков. Тогда проверка соответствия величин необходимых усилений способности регенератора будет производиться по формуле:

Значение уровней приема, усилений КУ и типов регенерационных пунктов (РП) заносятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты расчетов параметров передачи

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Номер РП | Тип РП | lру, км | aру, дБ | Lпр., дБ | Sус, дБ |
| 1  2  …  7  … | ОП-А  НРП-1/1  …  НРП-6/1  … | -  НРП-Г8  …  НРП-Ц4  … | -  3,0  …  2,7  … | -  71  …  64,1  … | -  -59,76  …  -52,86  … | -  62,76  …  55,86  … |

1.9 Схема организации связи

Схема организации связи разрабатывается на основе произведенного предварительного размещения ОП, ОРП (ПОРП), НРП, технических возможностей аппаратуры и технического задания с целью получить наиболее экономичный вариант организации необходимого числа каналов между соответствующими населенными пунктами.

В процессе разработки схемы должны быть решены вопросы организации цифровой связи, служебной связи, телеконтроля и телемеханики.

На схеме должно быть показано размещение ОП, ОРП (ПОРП), НРП, приведена нумерация пунктов. Обслуживаемые и полуобслуживаемые пункты нумеруются отдельно от НРП: ОП-1, ОРП-2, ОП-3.

Нумерация НРП на линиях передачи малой протяженности может быть сквозной НРП-1, НРП-2, …НРП-К, а на линиях передачи большой протяженности – по секциям ДП. Например, на первой от оконечной станции – НРП-1/1, НРП-2/1 и т. д., на второй секции – НРП-1/2, НРП-2/2 и т. д.

Кроме того, на схеме организации связи необходимо показать количество систем передачи, распределение каналов по потребителям, тип аппаратуры оконечных и промежуточных пунктов и сервисного оборудования.

При выполнении схемы организации связи следует использовать условные графические обозначения, приведенные в ГОСТ 2.753-79 и в приложении.

Пример схемы организации связи с использованием ЦСП ИКМ-120 приведен на рисунке 1.1. На рисунке показаны размещение НРП с указанием номера и длины участка регенерации, тип аппаратуры, применяемой на оконечных и промежуточных станциях, а также организация двух каналов служебной связи: участковой (УСС) и постанционной (ПСС), из которых УСС – двухпроводная, и системы телеконтроля (ТК).

В передающей части оборудования вторичного группового временного группобразования (ВВГ) формируется вторичный цифровой поток со скоростью 8448 кбит/с путем побитового объединения четырех цифровых потоков со скоростью 2048 кбит/с. Формирование этих потоков может происходить либо в аналогово-цифровом оборудовании (АЦО) аппаратуры ИКМ-30/4, либо в любой другой аппаратуре, имеющей параметры выходного сигнала, аналогичные параметров сигналов АЦО. В приемной части ВВГ осуществляются обратные преобразования передаваемых цифровых потоков.

Служебная связь между оборудованием ВВГ расположенном на разных станциях, осуществляется по цифровому каналу, организованному методом дельта - модуляции. Сигналы служебной связи предаются в групповом цифровом потоке.

Для обслуживания линейного тракта организуется два канала СС.

Четырехпроводный канал использует рабочие пары кабеля. В НРП установлены усилители СС. При снятии ДП этот канал не работает и тогда для связи ОП и НРП используется двухпроводный канал СС, организованный по искусственной цепи подачи ДП.

Телеконтроль линейного тракта производится без перерыва связи по рабочим парам кабеля.

На рисунке 1.1 показана схема организации связи без выделения каналов или цифровых потоков на ОРП (ПОРП). При организации связи с использованием ЦСП между ОП может возникнуть необходимость в организации связи этих пунктов с некоторыми промежуточными и между промежуточными пунктами. Для этого в промежуточных пунктах должен быть обеспечен ввод и вывод части цифрового потока.

Наиболее просто выделение или ввод одного или нескольких стандартных цифровых потоков из группового цифрового потока на ОРП (ПОРП) может быть организованно с помощью оборудования временного группобразования потоков, аналогичного устанавливаемому на оконечных станциях. В этом случаи схема организации на ОРП (ПОРП) должна включать в себя оборудование выделения и ввода цифровых потоков.

Структурная схема оборудования выделения и ввода потоков для одного направления передачи показана на рисунке 1.2. Схема для другого направления передачи идентична.

Сигнал из линии, пройдя регенератор, поступает в преобразователь кода приема ПКпр, где преобразуется в простой однополярный код и, через распределитель цифровых потоков РЦП поступает в соответствующие блоки сопряжения приема БСпр. Сопряжение может быть как синхронным, так и асинхронным.

Часть стандартных цифровых потоков может быть использована для выделения, остальные потоки пойдут транзитом. Вместо выделенных потоков в блоки сопряжения передачи БСпер будут заведены цифровые потоки, сформированные в пункте выделения.

При такой схеме организации выделения цифровых потоков оборудование выделения включается последовательно в линейный тракт.

Для случая неисправности оборудования выделения предусматривается его обход. Это позволяет сохранить в работе те потоки, которые проходят транзитом.

Устройство контроля УК следит за правильной работой оборудования и включает при необходимости цепь обхода через схему «И». Если неисправность возникает на участке линейного тракта между оконечной станцией А и пунктом выделения, УК создает такой режим работы БСпер и коллектора цифровых потоков КЦП, который обеспечит нормальное прохождение цифровых потоков, вводимых в пункте выделения, в направлении оконечной станции Б.

При таком способе выделения цифровых потоков не требуется специального оборудования, однако объем оборудования пункта выделения равен объему оборудования двух оконечных станций. Транзит выделяемых цифровых потоков по более низкой скорости может вносить в эти потоки дополнительные временные флуктуации и перерывы связи. Последние могут быть вызваны сбоями цикловой синхронизации и ошибками при передаче команд согласования скоростей.

Если на оконечной станции объединяются синхронные потоки, то сбоя от ошибок при передаче команд согласования скоростей КСС можно избежать.

Объем оборудования можно уменьшить, если транзитные потоки направить в обход БСпр, ПКпер, ПКпр, БСпер, но при этом генераторное оборудование приемной и передающей частей станции должны работать синхронно. Для этого используется цепь синхронизации. При такой организации транзита не возникают дополнительные временные флуктуации, но возможны перерывы связи из-за сбоя цикловой синхронизации в оборудовании выделения.

На рисунке 1.3 показан способ построения оборудования выделения, свободного от указанных недостатков. Здесь изображена схема только одного направления передачи, аналогичное оборудование должно быть включено в обратное оборудование передачи.

В линейный тракт включены преобразователи кода ПКпр, ПКпер и логические элементы «НЕТ» и «ИЛИ». Генераторное оборудование, управляемое приемником синхросигнала, вырабатывает сигналы, соответствующие выделяемому (а, следовательно, и вводимому) цифровому потоку. Эти сигналы запрещают передачу через схему «НЕТ» выделяемого потока и разрешают БСпер производить считывание информации вводимого потока, который через схему «ИЛИ» объединяется с потоком, проходящим транзитом.

Вывод цифровых потоков от станции А проходит через БСпр, а ввод цифровых потоков в направлении станции Б – через БСпер. Устройство контроля выполняет те же функции, что и в рассмотренном выше варианте построения оборудования выделения.

Аналогично можно построить и оборудование выделения каналов из первичных и субпервичных цифровых потоков, только в этом случае вместо

блоков БС будут использоваться соответствующие блоки оборудования АЦО.

Это позволит получить на выходе соответствующее число каналов ТЧ. На рисунке 1.3 включение оборудования АЦО показано пунктирной линией.

Учитывая малое число устройств, включенных в линейный тракт при таком способе выделения, это оборудование может устанавливаться как на обслуживаемых, так и на необслуживаемых пунктах выделения.

Выделение и ввод в ОРП (ПОРП) цифрового потока со скоростью 2048 кбит/с из вторичного цифрового потока можно организовать использованием оборудования АВ 8/2.

В заключение на рисунке 1.4. приведена схема организации связи ЦСП ИКМ-480С (без организации СС и ТМ). При составлении подобной схемы следует учесть, что при организации 8 линейных трактов ИКМ-480С на ОП устанавливается стойка СВК с одним комплектом УВК и четырьмя блокам ЛТ, а на ПОРП – с двумя комплектами УВК и восемью блоками ЛТ. Комплект передвижного дисплея (ПД) предназначен для совместной работы со стойкой СОЛТ и служит для отображения информации о состоянии оборудования, получаемой с микроЭВМ стойки СОЛТ, и ввода управляющих команд. В ОП и ПОРП устанавливается по одному комплекту ПД.

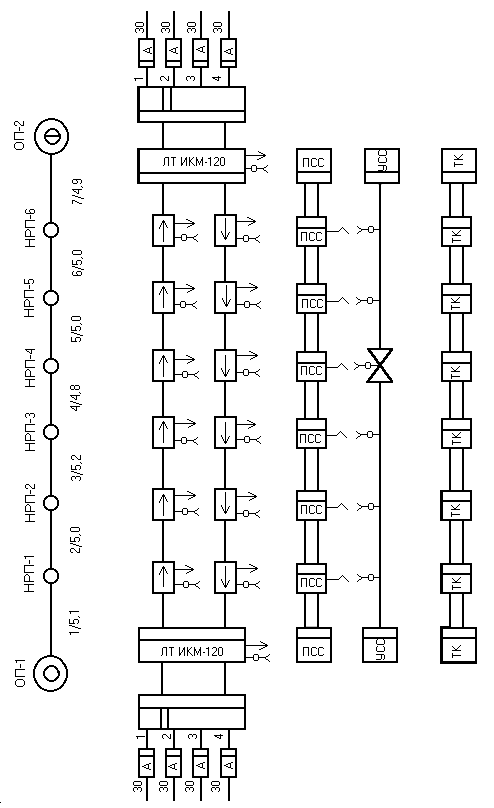
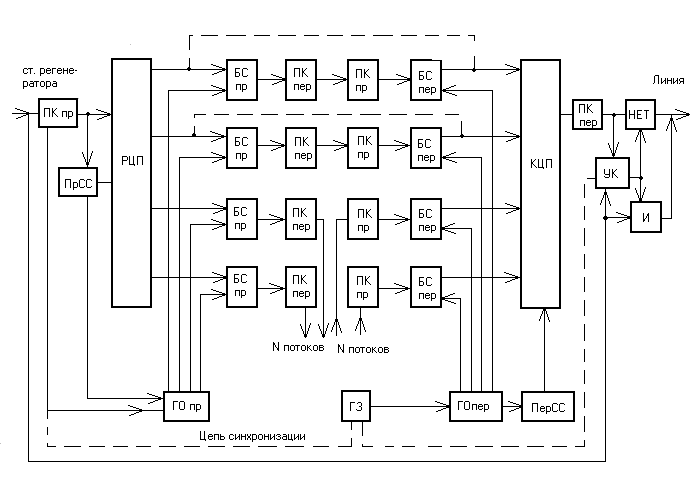


Рисунок 1.1 – Схема организации связи на ЦСП ИКМ-120

Рисунок 1.2 – Схема выделения, ввода и транзита цифровых потоков

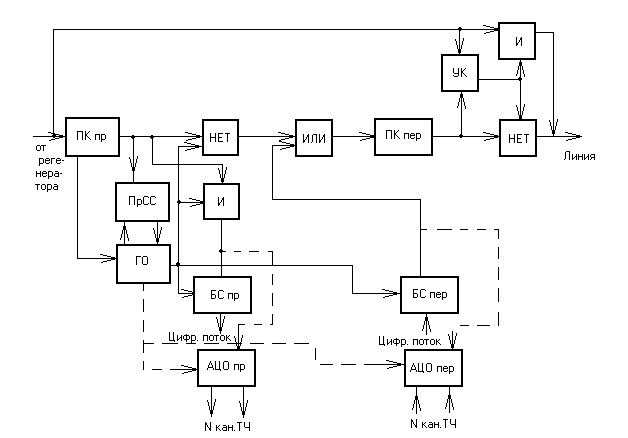
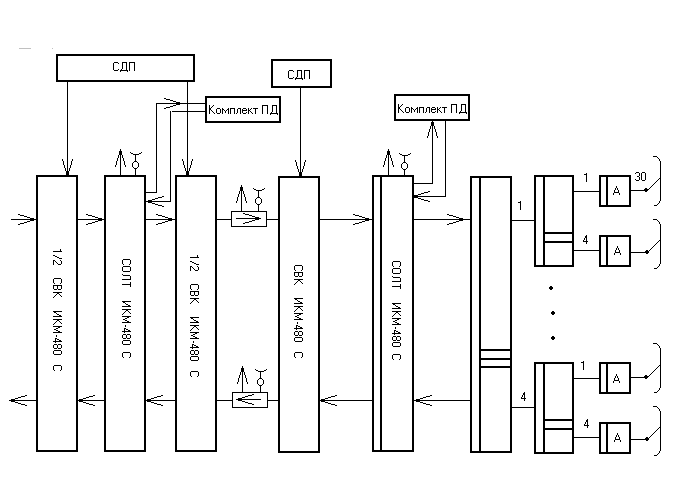


Рисунок 1.3 – Схема организации выделения потоков из линейного тракта

Рисунок 1.4 – Схема организации связи ЦСП ИКМ-480С (ОП и ПОРП)

2 Расчет помехозащищенности цифровой линии передачи

2.1 Общие сведения о помехозащищенности линий связи

В настоящее время наибольшее распространение в качестве направляющей среды для передачи цифровых сигналов получили электрические кабели как симметричные, так и коаксиальные. На цифровой поток в цифровом линейном тракте накладываются различного рода посторонние электрические сигналы, которые являются электрическими помехами. Характер таких помех оказывается существенно различным для разных типов кабелей.

Так, в симметричном кабеле, на основе которого строится ЦЛТ местных и внутризоновых сетей связи, основным видом помех являются переходные помехи. Они возникают вследствие конечной величины переходного затухания между парами кабеля в четверке и между четверками. Влияние помехи на передаваемый цифровой сигнал зависит от способа организации ЦЛТ. При однокабельной организации ЦЛТ преобладают переходные помехи на ближнем конце участка регенерации, а при использовании двухкабельной системы – переходные помехи на дальнем конце. Величина переходных помех определяется уровнем цифрового сигнала на передаче, переходным затуханием

на ближнем или на дальнем концах, а также видом энергетического спектра линейного цифрового сигнала и скорости передачи.

Характер суммирования переходных помех в парах кабеля, подверженных влиянию, зависит от числа ЦЛТ, организованных по одной кабельной цепи.

При малом числе влияющих ЦЛТ (от 2 до 4) переходная помеха от различных цепей складывается по напряжению. При большом числе влияющих цепей (более 4) сложение переходных помех осуществляется по мощности.

Другим существенным видом помех на ЦЛТ, организованных по симметричному кабелю, являются помехи от отраженных сигналов. Они возникают из-за несогласованности волновых сопротивлений кабеля, входных и выходных цепей регенераторов, а также из-за неоднородностей волнового сопротивления в местах стыка строительных длин. Отраженные в местах несогласованностей и неоднородностей паразитные цифровые потоки опережают линейный цифровой сигнал или отстают от него и выступают в роли мешающего электрического сигнала, то есть помехи.

Собственные или тепловые помехи являются основными в ЦЛТ, организованных при помощи коаксиальных кабелей связи. Характерная особенность коаксиальных цепей состоит в том, что с увеличением частоты резко возрастает величина переходного затухания коаксиальными парами, поэтому при передаче по ним цифровых сигналов переходные помехи отсутствуют. Собственные помехи в коаксиальных ЦЛТ возникают, в основном из-за хаотичного теплового движения электронов в кабельных цепях и шумами усилительных элементов во входных цепях регенераторов. Величина собственных помех в коаксиальной паре зависит от скорости передачи цифровых сигналов и длины участка регенерации.

В целом величина помех в ЦЛТ коаксиального кабеля оказывается намного меньше, чем в трактах симметричного кабеля. Это является основной причиной того, что коаксиальные кабели используют для высокоскоростной передачи цифровых потоков.

2.2 Расчет допустимой помехозащищенности в ЦЛТ

Переходные и собственные помехи приводят к появлению в регенераторах цифровых ошибок в сигнале. Влияние цифровых ошибок на телефонную передачу отлично от влияния помех в каналах аналоговых систем передачи.

Каждая ошибка после декодирования в тракте приема оконечной станции приводит к быстрому изменению величины аналогового сигнала, вызывая неприятный для абонента щелчок в телефонном капсюле. Основной оценкой качества передачи двоичной информации по ЦЛТ является вероятность ошибок (или коэффициент ошибок).

Вероятность ошибок определяется как отношение числа ошибочно принятых символов Nош к общему числу переданных символов Nобщ:

(2.1)

Поскольку на цифровой поток, передаваемый по ЦЛТ, всегда воздействуют искажения и помехи, они приводят к цифровым ошибкам. Это означает, что какая-то часть бинарных символов будет принята неверно: на месте символа «1» может оказаться символ «0» и наоборот, то есть вероятность ошибки всегда отлична от нуля: .

Экспериментально установлено, что к заметному прослушиванию щелчков приводят ошибки в двух старших разрядах любой кодовой комбинации канального цифрового сигнала с ИКМ. Качество передачи телефонной информации по существующим нормам считается удовлетворительным, если в канале ЦСП прослушивается не более одного щелчка в минуту.

При частоте дискретизации 8 кГц (что имеет место во всех современных ЦСП) по каждому каналу в течение 1 минуты передаются 8000∙60=480000 кодовых комбинаций. Опасным в отношении щелчков являются только два старших разряда кодовых комбинаций или 2∙480000 = 960000 символов.

При равной вероятности ошибочного приема любого символа вероятность ошибки в канале ЦСП при максимальной протяженности ЦЛТ должна удовлетворять условию:

(2.2)

При длине переприемного участка по ТЧ 2500 км допустимая вероятность ошибки на 1 км тракта будет равна

С целью обеспечения более высокого качества передачи МСЭ-Т рекомендует при разработке цифровых систем руководствоваться нормой вероятности ошибки на 1 км ЦЛТ = 10-10 км-1.

В этом случае допустимая вероятность ошибки для линейного тракта длиной L км определяется формулой

(2.3)

Если считать параметры всех участков ЦЛТ одинаковыми, то вероятность допустимой ошибки на одном участке регенерации не должна превышать величины

(2.4)

где nрегенер. = nнрп + nстанц.рег.- число регенераторов в ЦЛТ, включая НРП, ОРП (ПОРП) и ОП.

Между вероятностью ошибки и величиной защищенности (или, другими

словами, отношение сигнал/помеха) существует однозначная зависимость, заключающаяся в том, что увеличение защищенности приводит к снижению вероятности ошибки. Эта зависимость определяется и числом уровней Nуровн. передаваемого по ЦЛТ сигнала. Двухуровневый линейный код используется в ЦСП ИКМ-12М, ИКМ –15. Во всех остальных современных ЦСП применяются трехуровневые линейные коды, а в новейших разработках, в частности в системе передачи ИКМ-1920х2, даже пятиуровневый линейный сигнал. В ЦСП ИКМ-480С в качестве линейного кода используется код 5B6B c дуобинарным приемом, а в ЦСП ИКМ-480х2 – код 4B3T типа FOMOT (Four Mode Ternary –четырехмодовый троичный).

Вероятность ошибок при регенерации для Nуровн. - уровневой передачи можно определить выражением

(2.5)

где - амплитуда импульсов ТРР,

- эффективное (среднеквадратическое) напряжение помехи,

- табулированный интеграл вероятности, зависящий от отношения сигнал/помеха.

Результаты расчетов зависимости от отношения сигнал/помеха в логарифмических единицах называется защищенностью и определяется по формуле

Значения для квазитроичных кодов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Зависимость Pош от Aзащ для квазитроичных кодов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Aзащ, дБ | 17,2 | 18,8 | 19,8 | 20,7 | 21,7 | 22,4 | 23,3 | 23,9 | 24,7 | 25,3 | 25,8 | 26,1 |
| Pош1регенер. | 10-3 | 10-4 | 10-5 | 10-6 | 10-7 | 10-8 | 10-9 | 10-10 | 10-11 | 10-12 | 10-13 | 10-14 |

По найденным формулам (2.3) и (2.4) вероятностям ошибок в линейном тракте и на одном участке регенерации, следует найти, используя данные в таблице 2.1, соответствующие им минимально допустимые защищенности сигнала на выходе линейного тракта Aзащ доп.L и на одном участке регенерации Aзащ доп.1уч..

2.3 Расчет ожидаемой помехозащищенности в регенераторах ЦСП на симметричном кабеле

Причиной возникновения ошибок при передаче цифрового сигнала

являются помехи, мгновенные значения которых превышают допустимые пределы, что вызывает появление лишних импульсов или исчезновение имеющихся импульсов.

Для цифровых систем, работающих по симметричным кабелям, преобладающими помехами являются помехи от линейных переходов, причем в двухкабельных системах – переходные помехи на дальнем конце.

Расчет защищенности при этом производится по формуле:

(2.6)

где Al - переходное затухание на дальнем конце;

m – количество влияющих цифровых трактов в кабеле;

σl = 5,65 дБ – стандартное отклонение Al;

q =3 дБ – допуск по защищенности при изготовлении регенераторов.

При большом числе влияющих пар (m > 4) в формуле (2.6) слагаемое, учитывающее суммирование по напряжению (20∙lg m) следует заменить на слагаемое, учитывающее суммирование по мощности (10∙lg m).

Расчет защищенности в регенераторах по формуле (2.6) производится отдельно для всех значений длин участков регенерации, l1рег, l2рег, … с соответствующим количеством регенерационных участков n1ру, n2рег …, указанной длины, для которых по таблице 2.1 находятся вероятности ошибок Pош i и результаты расчетов сводятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчета помехозащищенности в регенераторах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № РП | lрег, км | Aзащ l i, дБ | Pош i |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Расчетная вероятность ошибки всех регенераторов в линейном тракте определяется по формуле

Если длины всех регенерационных участков одинаковы и принять, что одинаковы вероятности ошибок всех регенераторов, расчет вероятности ошибки на всем линейном тракте можно определить по формуле

Pош регенер.ожид.= Pош1регенер.∙nрегенер.

2.4 Расчет ожидаемой помехозащищенности в регенераторах ЦСП на коаксиальном кабеле

Для систем, работающих по коаксиальному кабелю, преобладающими

являются собственные помехи, поэтому они и учитываются при расчете защищенности сигнала на входе регенератора.

Защищенность зависит от скорости передачи и от дополнительных помех.

С учетом допуска на помехи, вызванные причинами, отличными от тепловых помех и неточностью работы регенератора, расчет помехозащищенности в регенераторах производится по формуле:

(2.7)

где В – скорость передачи символов в линейном тракте , Мбит/с;

σ =7,8 дБ – допуск по защищенности на дополнительные помехи в линейном тракте, отличные от тепловых шумов;

g=3 дБ – допуск по защищенности при изготовлении регенераторов.

Расчет защищенности в регенераторах по формуле (2.7) производится отдельно для всех значений длин участков регенерации, для которых по таблице 2.1 находятся вероятности ошибок Pош l регенер.

2.5 Расчет ожидаемой помехозащищенности цифровых линий передачи

Помехозащищенности цифровых линий передачи оценивается вероятностью возникновения ошибок при прохождении цифрового сигнала через все элементы цифрового линейного тракта.

Ошибки в различных регенераторах возникают практически независимо друг от друга, поэтому вероятность ошибок в ЦЛТ можно определить как сумму вероятностей ошибок по отдельным участкам

(2.8)

где nрегенер.= nнрп +1 - количество регенерационных пунктов, включая и ОРП (ПОРП и с учетом регенератора ОП приемной станции,

Pош i - вероятность ошибок i-го регенератора.

Если вероятность ошибок у всех регенераторов одинакова, то расчет ожидаемой вероятности ошибок в линейном тракте можно осуществить по формуле:

Pош ожид.L = (nнрп+1)∙Pош L

По формуле (2.8) ожидаемую вероятность ошибок удобнее всего рассчитывать с учетом группирования участков регенерации с одинаковыми длинами:

Pош ожид.L = n1нрп∙Pош 1нрп + n2нрп∙Pош 2нрп + … (2.9)

Для найденной ожидаемой вероятности ошибок в линейном тракте по

таблице 2.1 следует найти ожидаемую помехозащищенность Aзащ ожид L на выходе линейного тракта.

В заключение необходимо сравнить ожидаемые вероятности ошибок и помехозащищенность с допустимыми. При этом должны выполняться следующие соотношения

Pош ожид.L ≤ Pош доп.L

Aзащ. ожид.L ≥ Aзащ.доп.L (2.10)

Если неравенства (2.10) не выполняются, это означает, что неверно произведено размещение НРП. В этом случае нужно изменить размещение НРП и повторить расчеты.

3 Сервисные системы цифровой линии передачи

3.1 Система служебной связи ЦСП ИКМ-120

В ЦСП ИКМ-120 можно организовать следующие виды СС:

* в групповом цифровом потоке между двумя оконечными пунктами;
* в низкочастотной части спектра (0,3 – 6,4)кГц по парам кабеля между ОП и НРП, между ОП (ОРП) и любым НРП, а также между любыми двумя НРП.

Для связи из НРП используется аппарат обходчика АО-30, который подключается к гнезду на контроле или в блоке РЛ.

Сигналы цифровой СС (ЦСС) передаются методом адаптивной дельта - модуляции передаются скоростью 32 кбит/с. Поскольку частота следования циклов равна 8 кГц, то цикл передачи содержит четыре символа ЦСС: (5-8) позиции в первой группе цикла (при нумерации групп от 0 до 111). Кроме того, в ЦСП ИКМ-120У на (5-8) позициях второй и третей групп цикла, которые считаются свободными, передаются сигналы вызова по ЦСС.

* 1. Системы телеконтроля и телемеханики ЦСП ИКМ-120

Система телеконтроля предназначена для непрерывного автоматического контроля оборудования тракта, обслуживаемых промежуточных и оконечных станций.

Контроль тракта осуществляется с одной из оконечных станций, которой присваивается наименование – главная станция (ГС). Обслуживаемые станции, контролируемые с ГС, обозначаются ОС.

Телеконтроль линейного тракта производится без перерыва связи по рабочим парам кабеля. Сигналы запроса, вырабатываемые в НРП, передаются на частоте 6400 Гц в аппаратуре ИКМ-120А и частоте 3706 Гц в аппаратуре ИКМ-120У.

3.3 Система служебной связи ЦСП ИКМ-480, ИКМ-480х2, ИКМ-1920, ИКМ-1920х2

Устройства СС обеспечивают организацию трех каналов СС:

* канал постанционной и участковой СС (ПСС-УСС), организованной по двум симметричным парам кабеля в полосе частот (0,3-3,4) кГц и предназначенный для организации участковой СС между НРП и ОРП;
* постанционной служебной связи (ПСС-ВЧ), организуемый по 4-х проводной схеме на тех же парах, что и канал ПСС-УСС, в полосе частот (12- 16) кГц;
* канал магистральной СС (МСС) организуется в каждом третичном цифровом потоке в оборудовании третичного временного группообразования (СТВГ) методом адаптивной дельта-модуляции при скорости цифрового потока 32 кбит/с.

Структурная схема оборудования СС и телемеханики стойки оборудования линейного тракта (СОЛТ) приведена на рисунке 3.1.

Для разделения ПСС-УСС и ПСС-ВЧ используются фильтры постанционной СС (ФПСС). Устройство коммутации УКСС служит для подключения переговорно-вызывного устройства (ПВУ) к любому из каналов СС на любом направлении, обслуживаемом с данной СОЛТ, и вывод каналов СС на громкоговорящую связь. Предусмотрена возможность использования ПСС-УСС при аварийных работах на линейном тракте, когда подача ДП на кабель не возможна.

Низкочастотный канал СС распределен на три направления:

* на микротелефонную трубку СОЛТ;
* на СТВГ через разъемы «СТВГ»;
* на внешнее устройство через разъемы «СС-2».

Высокочастотный канал после преобразования заводится на микротелефонную трубку СОЛТ.

СС обеспечивает громкоговорящую связь по каналам ПСС-УСС и ПСС-ВЧ с помощью громкоговорителя, установленного га стойке СОЛТ. В устройстве СС (УСС) предусмотрен индивидуальный вызов любой станции на магистрали.

Вызов осуществляется с помощью соответствующей кодовой посылки, образующейся путем набора номера номеронабирателем, расположенном на блоке генератора тонального набора (ГТН). Прием вызова индицируется светодиодом вызываемого канала на блоке устройства коммутации канала УКК-1, лампой «Вызов СС» на верхней раме СОЛТ и включением акустического сигнала вызова с помощью громкоговорителя.

В канале ПСС-ВЧ используется амплитудная модуляция с несущей частотой 12 кГц.

Необслуживаемые усилители СС размещаются через 18 км (в каждом шестом НРП).

3.4 Системы телеконтроля и телемеханики ЦСП ИКМ-480, ИКМ-480х2, ИКМ-1920 и ИКМ-1920х2

Система телемеханики предназначена для непрерывного автоматического контроля трактов в НРП и ОРП и включает в себя:

* систему магистральной телемеханики (ТММ), обеспечивающей передачу сигналов о состоянии линейного тракта с ОРП на оконечные пункты ОП1 и ОП2;
* систему участковой телемеханики (ТМУ), обеспечивающий профилактический контроль любого линейного регенератора в пределах секции обслуживания без перерыва связи.

Система телеконтроля обеспечивает передачу сигналов извещения, управления между НРП и ОРП (ОП) и оценку состояния оборудования линейного тракта.

ТМУ обеспечивает прием шести сигналов извещения с автоматическим определением номера сигнализирующего НРП:

* давление в кабеле;
* открытие люка или появление воды;
* вызов по СС;
* давление в баллоне;
* сигнал о превышении расхода газа в системе кабельного давления (СКД);
* обрыв кабеля ВЧ тракта.

ТМУ обеспечивает передачу пяти сигналов управления обнаружителями ошибок РЛ на каждый БТМ – четыре сигнала «Включить « (по количеству трактов) и один сигнал «Отключить», которые передаются из блока распределителя сигналов (БРС) через блок линейный (БЛ).

Устройство ТМУ при измерении вероятности ошибок в РЛ обеспечивает два режима работы – дежурный и вспомогательный. В дежурном режиме ТМУ производит измерение вероятности ошибок только на последнем РЛ поочередно всех линейных трактов. Во вспомогательном режиме ТМУ производит измерение вероятности ошибок поочередно на всех РЛ заданного оператором ЦЛТ.

Устройство ТМУ в случае обрыва жил телемеханики позволяет определить место обрыва с точностью до одного участка.

ТММ обеспечивает передачу сигналов о состоянии линейного тракта с ОРП на оба ОП. Оборудование состоит из устройств, размещаемых на оконечном пункте (ТММ ОП), устройств, устанавливаемых на обслуживаемых пунктах (ТММ ОРП), регенераторов магистральной телемеханики в НРП (РГТ).

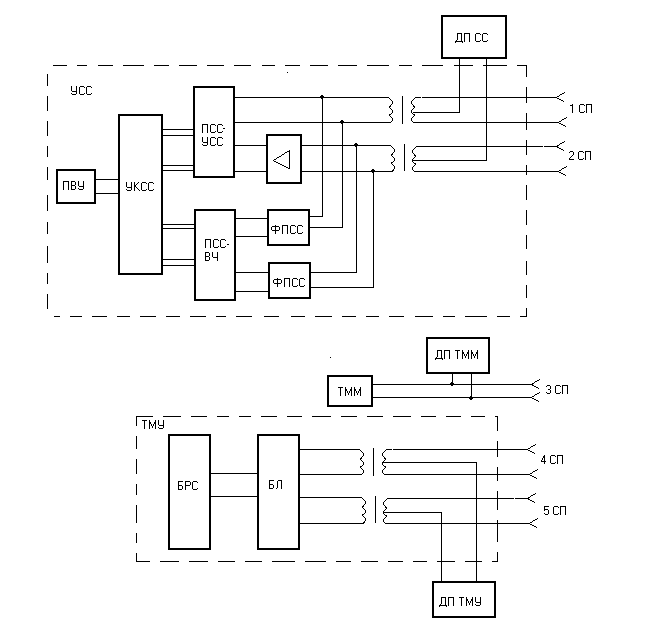
В СОЛТ оборудование ТММ осуществляет:

* сбор и обработку информации, поступающей от местных датчиков и передачу её на противоположный ОП;
* прием информации, поступающей из ОРП и противоположного ОП;
* переработку и воспроизведение получаемой информации (из ОП, ОРП и противоположного ОП).

Устройство ТММ ОП обеспечивает выдачу техническому персоналу ОП следующих сигналов:

* «Авария» - аварийный коэффициент ошибок входящего и исходящего ЛТ;
* «Предупреждение» - высокий коэффициент ошибок входящего и исходящего ЛТ.

Устройство ТММ ОП рассчитано на обслуживание до 12 ОРП, расположенных между ОП.

Рисунок 3.1 – Структурная схема оборудования СС и ТМ ИКМ-480

4 Организация дистанционного питания (ДП)

4.1 Схема организации ДП

Схему организации ДП необходимо разрабатывать одновременно для всех секций ДП на основании полной схемы организации связи. На схеме ДП следует указать направления передачи и приема, длины участков, диаметр жил кабелей.

В ЦСП ИКМ-480 и ИКМ - 1920 дистанционное питание регенераторов и сервисного оборудования ЦЛТ осуществляется раздельно.

Питание регенераторов НРП организуется по центральным жилам коаксиальных пар прямого и обратного направлений по схеме «провод-провод».

Максимально возможная величина напряжения ДП для питания регенераторов, систем служебной связи и сервисных систем, поступающая от УДП, номинальные токи ДП приведены в таблице А1.

4.2 Расчет напряжения дистанционного питания

Вначале определим сопротивление жил кабеля при заданной температуре

= (4.1)

где = 15,85 Ом/км – сопротивление жилы постоянному току при температуре +20 С;

= 4- температурный коэффициент сопротивления

жил кабеля;

- максимальная температура грунта на глубине прокладки

кабеля;

L рег.уч.расч. -расчетная длина регенерационного участка.

Рассчитанное напряжение ДП не должно превышать максимально допустимого напряжения ДП.

Напряжение дистанционного питания линейных регенераторов ЦСП определяется по формуле

(4.2)

где - падение напряжения на одном регенераторе НРП в цепи ДП;

- число НРП в полусекции ДП;

IДП = - номинальное значение постоянного тока ДП;

- максимальное отклонение тока ДП от номинального значения;

Схема организации дистанционного питания линейных регенераторов с разбивкой линии связи на две полусекции приведена на рисунке 2. В НРП m/1 и n/2 установлены шлейфы для заворота цепей дистанционного питания.

Питание сервисного оборудования ЦСП осуществляется от соответствующих источников УДП стойки СОЛТ. Если длины регенерационных участков одинаковы, то расчет напряжения ДП для каждого вида сервисного оборудования ЦЛТ определяется по формуле

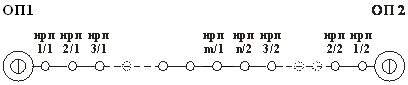
(4.3)

где Ui - падение напряжения ДП усилителя или регенератора i- го вида сервисного оборудования;

Ni -число регенераторов различного вида сервисного оборудования на полусекции ДП;

Lрег.уч - длина регенерационного участка для определенного вида сервисного оборудования, км;

Rt.mах.серв - сопротивление цепи ДП постоянному току при максимальной температуре грунта на глубине прокладки кабеля, Ом/км.



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип кабеля | - |  | |  | |
| Диаметр жил коаксиального кабеля | мм |  | |  | |
| Длина секции ДП | Км |  |  |  |  |
| Число НРП в секции | Шт |  |  |  |  |
| Сопротивление жил кабеля R0 | Ом/км |  | |  | |



Рисунок 2 – Схема организации дистанционного питания

5 Надежность цифровой линии передачи

5.1 Основные понятия надежности

Под надежностью элемента (системы) понимают его способность выполнять заданные функции с заданным качеством в течение некоторого промежутка времени в определенных условиях. Изменение состояния элемента (системы), которое влечет за собой потерю указанного свойства, называется отказом. Многоканальные системы передачи относятся к восстанавливаемым системам, в которых отказы можно устранять.

Одно из центральных положений теории надежности состоит в том, что отказы рассматривают в ней как случайные события. Интервал времени от момента включения элемента (системы) до его первого отказа является случайной величиной, называемой временем безотказной работы. Интегральная функция распределения этой случайной величины, представляющая собой вероятность того, что время безотказной работы будет менее t, обозначается q(t) и имеет смысл вероятности отказа на интервале от 0до t.

Вероятность противоположного события – безотказной работы на этом интервале равна P(t) = 1- q(t).

Удобной мерой надежности элементов и систем является интенсивность отказов λ(t), представляющая собой условную плотность вероятности отказа в момент времени t, при условии, что до этого момента отказов не было. Между функциями λ(t) и P(t) существует взаимосвязь

В период нормальной эксплуатации (после приработки, но ещё до того, как наступит физический износ) интенсивность отказов примерно постоянна λ(t)=λ.

В этом случае

Таким образом, постоянной интенсивности отказов, характерной для периода нормальной эксплуатации, соответствует экспоненциальное уменьшение вероятности безотказной работы с течением времени.

Среднее время безотказной работы (наработки на отказ) находят как математическое ожидание случайной величины:

(5.1)

Оценим надежность некоторой сложной системы, состоящей из множества разнотипных элементов.

Пусть P1(t), P2(t), … Pn(t), - вероятности безотказной работы каждого элемента на интервале времени от 0 до t, n – количество элементов в системе.

Если отказы отдельных элементов происходят независимо, а отказ хотя бы одного элемента ведет к отказу всей системы (такой вид соединения элементов называется последовательным), то вероятность безотказной работы системы в целом равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных её элементов

(5.2)

где - интенсивность отказов системы,

λi - интенсивность отказов i-го элемента.

Среднее время безотказной работы системы

(5.3)

К числу основных характеристик надежности восстанавливаемых элементов и систем относится коэффициент готовности

(5.4)

где tвосст. - среднее время восстановления элемента (системы).

Коэффициент готовности соответствует вероятности того, что элемент (система) будет работоспособен в любой момент времени.

4.2 Расчет параметров надежности

В соответствии с выражением (4.2) интенсивность отказов цифровой линии передачи определяют как сумму интенсивностей отказов НРП, ОРП и кабеля

λсист. = λнрп∙ nнрп+λОРП ∙nОРП+λкаб. ∙L

где λнрп - интенсивность отказов НРП;

λОРП - интенсивность отказов ОРП (ПОРП), ОП;

λкаб.- интенсивность отказов одного километра кабеля;

 - протяженность магистрали;

nнрп - количество НРП;

nОРП - количество ОРП, ПОРП, ОП.

Среднее время безотказной работы линейного тракта определяют по формуле (4.3). После расчета результат необходимо выразить в годах.

Вероятность безотказной работы в течение заданного промежутка времени находят по формуле (4.2) для t1=24 ч (сутки), t2=168 ч (неделя), t3=720 ч (месяц) и t4=8760 ч (год). По результатам расчетов строится график Pсист.(t).

Коэффициент готовности цифрового линейного тракта рассчитывают по формуле (4.4). (Кгот.мин = 0,999х)

Среднее время восстановления связи находят из выражения:

где tвосст.нрп, tвосст.ОРП, tвосст.каб.- время восстановления соответственно НРП, ОРП (ПОРП, ОП) и кабеля.

Значения необходимых для расчетов параметров приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Параметры надежности элементов ЦЛТ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование элемента | НРП | ОРП (ПОРП, ОП) | Кабель |
| λ, ч-1 | 3∙10-8 | 1∙10-7 | 5∙10-8 км-1 |
| Tвосст., ч | 4,0 | 0,5 | 5,0 |

По результатам расчетов параметров надежности делается вывод о качестве выполнения заданных функций цифровым линейным трактом.

Заключение

По мере дальнейшего развития и совершенствования Единой Сети Электросвязи Российской Федерации (ЕСЭ РФ) цифровые системы передачи станут основными на всех участках первичной сети: магистральном, зоновом, местном. При этом важной задачей является повышение эффективности использования цифрового тракта, так как полоса частот линейного тракта ЦСП более, чем на порядок шире, чем в системах с ЧРК, при одинаковом числе каналов.

Стоимость любой ЦСП примерно пропорциональна квадратному корню из числа образуемых ею каналов. Это соотношение стимулирует внедрение ЦСП высоких уровней иерархии. Поэтому можно отметить три основных направления эволюции ЦСП:

* создание и использование плезиохронных ЦСП большой пропускной способности;
* разработка нового поколения ЦСП, известного по англоязычному названию Synchronous Digital Hierarchy (SDH) – синхронная цифровая иерархия (СЦИ);
* применение на первичных сетях оборудования полупостоянной коммутации – цифровых кроссовых узлов (ЦКУ).

Указанные направления полностью соответствуют рекомендациям Сектора Стандартизации Электросвязи (ССЭ) при Международном Союзе Электросвязи (МСЭ) и Европейского Института по Телекоммуникационным Стандартам ETSI. Министерство связи РФ в развитии ЕСЭ следует рекомендациям названных организаций, что создает предпосылки активного сотрудничества с зарубежными фирмами.

**Библиография**

*Основная:*

1 А. В. Шмалько. Цифровые сети связи: основы планирования и построения - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001.

2 Байдан И.Е. Проектирование цифровых каналов МСП на электропроводном и оптическом кабеле: учебное пособие по проектированию в курсовых и дипломных проектах – Одесса: ОЭИС,1990.

3 Зингеренко А.М. и др. Аппаратура кабельных цифровых систем передачи: Учебное пособие - Л.: ЛЭИС, 1990.

4 В. М. Стрелков, В. А. Васильев. PDH сегодня. Вестник связи №1, 2004

5 Скалин Ю.В., Бернштейн А.Г., Финкевич А.Д. Цифровые системы передачи: Учебник для техникумов - М.: Радио и связь, 1988.

6 Байков В.И., Беседин С.Н. Монтаж оборудования многоканальной связи – М.: Высшая школа, 1988.

7 Аппаратура ИКМ-120 / под редакцией Левина Л.С. - М.: Радио и связь, 1989.

8 Берганов И.Р., Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи - М.: Радио и связь, 1989.

9 Метрологическое обеспечение систем передачи / под редакцией Б.П. Хромого - М.: Радио и связь, 1991.

10 Справочные материалы по проектированию. Аппаратура сетей связи.

Ч.1. Аппаратура систем (линий) передачи.

Раздел 1. Среда распространения - воздушные линии связи.

Раздел 2. Среда распространения – симметричные кабели связи.

С.1.323-1-93. – М.: Гипросвязь , 1993.

11 Справочные материалы по проектированию. Аппаратура систем (линий) передачи.

Раздел 3. Среда распространения – коаксиальные кабели связи. М.: Гипросвязь , 1993.

12 Д.А. Барон и др. Строительство кабельных сооружений связи: Справочник - М.: Радио и связь, 1988.

13 ГОСТ 2.195-95 Общие требования к текстовым документам.

*Дополнительная:*

1. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи. Учеб. для вузов/ Под ред. Попова Б.В.- М.: Радио и связь,1995.
2. Шмалько А.В. Цифровые сети связи: основы построения и планирования М.:Эко-Трендз, 2001.
3. Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи - М.: Радио и связь, 1980.
4. Попов Г.Н., Заславский К.Е., Хазанов Г.Л. Помехи и искажения в каналах и трактах АСП и ЦСП: Учебное пособие – Новосибирск: НЭИС,1991.
5. Левин Л.С., Плоткин М.А. Цифровые системы передачи информации – М.: Высшая школа, 1988.

Приложение А

(справочное)

Основные технические характеристики ЦСП

1. Количество каналов ТЧ или ОЦК.
2. Скорость передачи информации, Мбит/с.
3. Тактовая частота линейного сигнала, МГц.
4. Рабочая (расчетная) частота.
5. Линейный код.
6. Тип используемого кабеля.
7. Максимальная длина переприемного участка, км

- на внутризоновой сети;

- на магистральной сети.

1. Максимальное расстояние между ОРП (ПОРП), км.
2. Длина регенерационного участка, км

- минимальная;

- номинальная;

- максимальная.

1. Минимальная длина РУ, прилегающего к ОП, ОРП, ПОРП, км.
2. Максимальное затухание РУ на рабочей частоте, дБ.
3. Номиналы искусственных линий, км (дБ).
4. Сопротивление с линейной стороны, Ом.
5. Амплитуды импульсов на выходе регенератора, В.
6. Длительность импульсов, нс.
7. Коэффициент шума F корректирующего усилителя.
8. Количество НРП в полусекции ДП.
9. Дистанционное питание аппаратуры ЛТ

- ток ДП, А;

- максимальное напряжение ДП, В.

1. Напряжение /ток ДП аппаратуры СС, В/А.
2. Напряжение /ток ДП аппаратуры ТМ, В/А.

21 Падение напряжения на одном НРП, В

- линейное оборудование;

- оборудование СС;

- оборудование ТМ.

1. Коэффициент ошибок линейного тракта.
2. Коэффициент ошибок одного регенератора.
3. Количество выделяемых каналов.
4. Количество или тип пунктов выделения.

Таблица А.1- Основные технические характеристики ЦСП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ИКМ-30Р | ИКМ-120У | ИКМ-120-4 | ИКМ-120-4М | ИКМ-120х2 | ИКМ-120Т |
| 1 | 30 (31) | 120 | 120 | 120 | 240 | 120 |
| 2 | 2,048 | 8,448 | 8,448 | 8,448 | 17,184 | 8,448 |
| 3 | 2,048 | 8,448 | 8,448 | 8,448 | 22,912 | 8,448 |
| 4 | 1,024 | 4,224 | 4,224 | 4,224 | 11,456 | 4,224 |
| 5 | ЧПИ (AMI) | HDB-3 | HDB-3 | AMI, HDB-3 | 3B4B,дуобинарный | HDB-3 |
| 6 | МКС-4х4х1,2  КМ-4,  КМ-8/6 (симм. пары) | МКС-4х4х1,2  ЗКА-1х4х1,2 | МКС-4х4х1,2  МКС-7х4х1,2 | МКС-4х4  МКс-7х4 | ЗКА-1х4х1,2  ЗКП-1х4х1,2  МКС-1х4  4х4; 7х4 | ЗКА-1х4  ЗКП-1х4  МКС-1х4  4х4; 7х4 |
| 7 | 240 | 600 | 80 | 100 | 230 | 200 |
| 8 | 240 | 240 | 80 | 100 | 230 | 200 |
| 9 |  |  | 0,5  3,0  3,5 | 2,0  5,0  5,5 | 3,6  4,8  5,2 | 2,2  5,0  5,2 |
| 10 | 0,6 | 2,2 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 2,2 |
| 11 | 50 | 70 | 36 | 36 | 50 | 70 |
| 12 | 20 дБ | 3,5 | - | - | 3,5 км | 3,5 км |
| 13 | 140 (160) | 150 | 150 | 150 | 140 | 140 |
| 14 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | 244 | 255 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| 16 | 2,5 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 4,0 | 3,8 |
| 17 | 40 | 24 | 12 | 12 | 23 | 20 |
| 18 | 0,08  650 | 0,065  580 | 0,01(0,05)  ±120 | 0,065  ±120 | 0,1  ±450 | 0,065  700 |
| 19 | - | - | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 8(РЛ-15, 16, 19)  20 (РЛ-19,110)  - | 10  -  - | 7,5х2  -  - | 10  -  - | 10  -  - | 10  -  - |
| 22 | 1∙10-5 | 2∙10-8 | 1∙10-8 | 1∙10-6 | 3∙10-9 | 2∙10-8 |
| 23 | 2∙10-9 | 1∙10-10 | 1∙10-10 | 1∙10-10 | 1∙10-9 | 1∙10-9 |
| 24 | 1-31 | 30 (АВ8/2) | - | - | - | 1-31 |
| 25 |  | ОРП | - | - | - |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица А.1 - Основные технические характеристики ЦСП (продолжение) | | | | | | |
|  | ИКМ-480 | ИКМ-480х2 | ИКМ-480С | ИКМ-480Р | ИКМ-1920 | ИКМ-1920х2,  LA-140x2KX |
| 1 | 480 | 960 | 480 | 480 | 1920 | 3840 |
| 2 | 34,368 | 68,736 | 34,368 | 34,368 | 139,264 | 278,528 |
| 3 | 34,368 | 51,84 | 41,2416 | 34,368 | 139,264 | 284,096 |
| 4 | 17,184 | 25,92 | 17,2 | 17,184 | 69,632 | 140 |
| 5 | HDB-3 | Fomot  4B3T | 5В6В  дуобинар. | AMI (HDB-3) | HDB-3 | БК-5  (F1) |
| 6 | МКТ-4 | МКТ-4  КМ-8/6х1,2/4,6 | МКС- 4х4х1,2 | КМ-8/6х1,2/4,6 | КМ-4х2,6/9,5 | КМ-4  КМ-8/6  МКТ-4 |
| 7 | 600  2500 | 2500  2500 | 600  2500 | 200  - | 2500  2500 | 2500  2500 |
| 8 | 200 | 200 | 200 | 200 | 240 | 240 |
| 9 | 2,30  3,0  3,15 | 2,4  3,0  3,1 | 1,7  3,0  3,4 | 2,3  3,0  3,2 | 2,75  3,0  3,15 | 2,75  3,0  3,15 |
| 10 | 0,9 | 0,9 | 1,6 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| 11 | 73 | 86 | 70 | 73 | 72 | 98,5 |
| 12 | (1,5х2) км | 0,7; 1,4 | 1,4х2 км  (35 дБ) | (1х2) км | (1,0х2) км | (1,0х2) км |
| 13 | 75 | 75 | 140 | 75 | 75 | 75 |
| 14 | 3 | 5 | 2 | 3 | 3 | ±3; ±1,5 |
| 15 | 14,55 | 14,55 | 13 | 14,55 | 5 | 5 |
| 16 | 3,98 | 4,2 | 4,17 | 3,98 | 4,24 | 4,24 |
| 17 | 33 | 33 | 33 | 33 | 40 | 40 |
| 18 | 0,2  1300 | 0,2  1800 | 0,2  850 | 0,2  +/-650 | 0,4  +/-850 | 0,4  +/-850 |
| 19 | 430/0,02 | 430/0,025  СС и ТМ | - | - | ±180/0,02  СС и ТМ | - |
| 20 | 430/0,04  ТМУ  360/0,02  ТММ | 430/0, 015 ТМУ | - | - | ±215 |  |
| 21 | 10; 9;  5 ТМУ  10 ТММ | 10;  10 СС и ТМ  5 ТМУ | 10  -  - | 8  -  - | 5; 20;  5 ТМУ  20 ТМУ |  |
| 22 | 1∙10-10∙n | 1∙10-8 | 1∙10-8 | 1∙10-9 | 3∙10-8 | 5,5∙10-8 |
| 23 | 1∙10-10 | 1∙10-10 | 1∙10-10 | 1∙10-10 | 1∙10-10 | 1∙10-10 |
| 24 | - | - | - | - | - | - |
| 25 | - | - | - | - | - | - |

Таблица А.2 - Параметры зоновых и магистральных кабелей при 200С

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип кабеля | Коэффициент затухания, дБ/км на частоте, МГц | | | | | Zв,  Ом | R20o,  Ом/км | αα, С-1 | Al, дБ |
| 1,0 | 4,224 | 17,184 | 25,92 | 69,632 |
| ЗКП-1х4х1,2  МКСА- 1х4х1,2  МКСА-4х4х1,2  МКСБ-4х4х1,2  МКСПП-4х4х1,2  МКСБ-7х4х1,2  МКТ-4 1,2/4,6  КМ-4 2,6/9,4  КМ-8/6 2,6/9,5 | 6,25  5,35  4,873  6,385  4,920  6,35  5,34  2,45  2,39 | 9,98  10,0  10,5  11,427  10,613  11,28  -  -  - | -  -  22,3  23,1  22,31  22,7  18,9  -  - | -  -  22,51  24,16  22,53  23,0  -  -  - | -  -  -  -  -  -  -  20,5  19,8 | 150  150  150  150  150  150  75  75  75 | 15,95  15,85  15,85  15,85  15,85  15,85  15,85  3,7  3,7 | 1,8  1,8  1,9  1,9  2,0  1,9  1,98  1,95  1,95 | 80  80  89  89  89  89  -  -  - |

Приложение Б

(справочное)

Типовое каналообразующее оборудование

САЦК-1

Стойка аналого-цифрового (цифро-аналогового) каналообразующего оборудования САЦК-1 обеспечивает передачу сигналов 30 телефонных каналов по первичному цифровому тракту со скоростью передачи 2048кбит/с.

Габаритные размеры: 2600х120х225 мм. На стойке САЦК-1 (на 120 каналов ТЧ) размещаются 4 комплекта аппаратуры каналообразования, унифицированной АКУ-30. Один комплект АКУ-30организует 30 каналов ТЧ и 1 ОЦК в каждом направлении передачи (в КИ15) с противонаправленным стыком. Потребляемая мощность –13 Вт.

Кроме АКУ-30 на стойке размещаются:

* устройство ввода УВ (1 устройство);
* комплекты источников вторичного электропитания КИЭ (4 комплекта);
* комплект сервисного оборудования (1 комплект).

В аппаратуре АКУ-30 в целя х уменьшения переходных помех в каналах ТЧ использованы 2 групповых кодека: один для нечетных и другой для четных каналов ТЧ.

САЦК-2М

Стойка аналого-цифрового (цифро-аналогового) каналообразующего оборудования САЦК-2М позволяет организовать в первичном цифровом потоке со скоростью передачи 2048 кбит/с 31 ОЦК с пропускной способностью 64 кбит/с каждый, из которых 30 могут быть использованы для передачи телефонных сигналов с противонаправленным стыком. Габаритные размеры: 2600х120х225 мм. На стойке САЦК-2 (на 124 ОЦК или 120 каналов ТЧ) размещаются 4 секции каналообразования СК-30, секция сервисного обслуживания и комплект цифровой служебной связи.

В аппаратуре СК-30 в целях уменьшения переходных помех в каналах ТЧ и ОЦК использованы индивидуальные кодеки в каждом канале. Потребляемая мощность СК-30 – 10 Вт.

ИКМ-30-4 (каналообразующее оборудование)

Оборудование ИКМ-30-4 обеспечивает организацию 30 каналов ТЧ, из которых 4 при замене блоков могут быть использованы для организации 4 ОЦК с противонаправленным стыком. Аппаратура имеет развитую диагностическую подсистему, позволяющую автоматизировать обслуживание ЦСП по технологии контрольно-корректирующего метода эксплуатации.

Каналообразующее оборудование на 30 каналов ТЧ включает в себя комплект из функционально законченных блоков: оборудование согласования с АТС (блоки ОСА-13А, ОСА-13Б) и аналогово-цифровое оборудование (блок АЦО-11 или АЦО-12).

Кроме того, имеется блок унифицированного сервисного оборудования УСО-01, позволяющий отображать техническое состояние до100 любых блоков аппаратуры.

Блоки могут быть размещены в любой комплектации на стоечных унифицированных каркасах СКУ-01, СКУ-02, имеющих габаритные размеры 2600х120х225мм. На стоечных каркасах СКУ-01 и СКУ-02 устанавливается 11 блоков, а на СКУ-03 и СКУ-04 – 9 блоков.

При комплектации стойки следует учитывать, что максимально-допустимая мощность, выделяемая оборудованием стойки, не должна превышать 400Вт для СКУ-01 и СКУ-02, и 320 Вт для стоек СКУ-03 и СКУ-04. потребляемая мощность отдельными блоками: ОСА-13 с ДШ АТС –3100 Вт, ОСА-13 с координатной АТС – 70 Вт, АЦО-11 (АЦО-12) – 18 Вт, УСО-01 – 24 Вт. Электрическое питание блоков осуществляется от двух станционных источников (рабочего и сигнального) напряжением (60+/-6) В с заземленным плюсом.

АЦО-21

Блок АЦО-21 предназначен для передачи по цифровому тракту со скоростью 8448 кбит/с с преобразованием в цифровую форму сигналов вторичных групповых каналов с ЧРК, занимающих полосу частот (312..552) кГц или(12…252) кГц. Блок устанавливается на стойках СКУ-01 или СКУ-03. потребляемая блоками АЦО-21 мощность составляет 25 Вт.

Блок используется в составе ЦСП ИКМ-120У, ИКМ-120х2, ИКМ-120Т, ИКМ-120-4, ИКМ-120-4М.

СООЦК «Диск»

Стойка образования ОЦК в аналоговых СП предназначена для образования 2-х асинхронных цифровых каналов (ОЦК) в спектре ПГ АСП.

Стойка выпускается в двух модификациях: СООЦК-24 и СООЦК-60 при питании от станционного источника напряжением 24 В или 60 В соответственно. Габаритные размеры: 2600х120х240 мм.

Аппаратура временного группообразования

СВВГ-У

Стойка вторичного временного группообразования унифицированная СВВГ-У имеет габаритные размеры 2600х120х225 мм, поставляется с одним устройством УВВГ-У и может быть доукомплектована еще тремя УВВГ-У.

При полной комплектации СВВГ-У обеспечивается организация 120х4=480 каналов ТЧ. Устройство ВВГ-У предназначено для получения (разделения) группового потока со скоростью 8448 кбит/с из четырех цифровых потоков со скоростью 2048 кбит/с. Потребляемая мощность одним УВВГ-У составляет 15 Вт. Электропитание может осуществляться со станционных батарей 24 или 60 В.

СТВГ-У

Стойка третичного временного группообразования унифицированная СТВГ-У имеет габаритные размеры 2600х120х225 мм, поставляется с одним комплектом КТВГ-У и может быть доукомплектована еще одним КТВГ-У. При полной комплектации СТВГ-У обеспечивается организация 480х2=960 каналов ТЧ. Комплект ТВГ-У предназначен для получения (разделения) группового потока со скоростью передачи 34368 кбит/с из четырех цифровых потоков со скоростью 8448 кбит/с. потребляемая мощность одним КТВГ-У составляет 15 Вт. Электропитание может осуществляться со станционных батарей 24 или 60 В.

СЧВГ (СЧВГ-М)

Стойка четвертичного временного группообразования унифицированная СЧВГ имеет габаритные размеры 2600х600х225 мм, поставляется с одним комплектом КЧВГ и может быть доукомплектована еще одним КЧВГ. При полной комплектации СЧВГ обеспечивается организация 1920х2=3840 каналов ТЧ. Комплект ЧВГ предназначен для получения (разделения) группового потока со скоростью передачи 139264 кбит/с из четырех цифровых потоков со скоростью 34368кбит/с. потребляемая мощность одним КЧВГ составляет 250 Вт. Электропитание осуществляется от станционных батарей 24 В.

Аппаратура систем передачи

ЦСП ИКМ-30/4

Аппаратура первичной ЦСП ИКМ-30-4 предназначена для уплотнения городских и пригородных кабелей связи типов Т и ТП с диаметром жил 0,5 и 0,7 мм по одно и двухкабельной схеме. Обеспечивает организацию 30 каналов ТЧ, используемых в качестве соединительной линии в местном и междугороднем шнуре между всеми типами АТС с сигналами взаимодействия.

С помощью дополнительного оборудования СП ИКМ-30-4 может организовать до 4 каналов передачи дискретной информации (4 ОЦК) с противонаправленным стыком.

В состав оконечной аппаратуры входит 8 функционально законченных блоков, допускающих их соединение в 4 вариантах на стойке 2600х600х225 мм типа СКУ. Основными из них являются:

* аналого-цифровое оборудование АЦО-11 (АЦО-12);
* оборудование согласования с АТС ОСА-13А и ОСА-13Б;
* оборудование линейных переключений ОЛП-11 (ОЛП-12);
* оборудование линейного тракта ОЛТ-11;
* оборудование телеконтроля и служебной связи ТСО;
* унифицированное сервисное оборудование УСО-01;
* преобразователь постоянного напряжения ППН.

Питание аппаратуры осуществляется от станционных батарей 24 или 60 В. Потребляемая мощность составляет 410 Вт.

Максимальное напряжение ДП равно 240 В при токе ДП – 50 мА.

ЦСП ИКМ – 30С/4

Аппаратура первичной сети ЦСП ИКМ-30С-4 для сельских телефонных сетей является модификацией ЦСП ИКМ-30 и предназначена для работы по 1х4 симметричным подвесным или подземным кабелям типа КСПП (КСППБ) – 1х4х0,9 или 1х4х1,2 по однокабельной схеме. При использовании промежуточного оборудования НРП-С1-4 максимальная дальность связи составляет 50 км.

Потребляемая мощность на 30 межстанционных соединенных линий с учетом выделения каналов составляет 208 Вт. Питание осуществляется от местных батарей напряжением 60 В.

Аппаратура размещается на стойке с габаритными размерами 2600х600х225 мм типа СКУ.

ИКМ-30Р

Аппаратура первичной ЦСП ИКМ-30Р является распределительной системой и работает по отдельным симметричным парам магистральных междугородних кабелей параллельно с основными СП типа ИКМ-1920х2, ИКМ-480С, К-5400 и К-3600.

В состав аппаратуры входят:

- блок каналообразующего оборудования АЦО-11;

- блок оконечного оборудования линейного тракта ОЛТ-13;

* блок линейных регенераторов РЛ-15, РЛ-16, РЛ-18, РЛ-19,РЛ-110;
* блок преобразователя постоянного напряжения 24 В, ППН-01;
* блок оборудования выделения цифровых каналов ВЦК-12.

Блок АЦО-11 может иметь канальное окончание в виде каналов ТЧ или ОЦК. Предусмотрена возможность установки модемов для передачи информации от ПЭВМ, совместимых с IBM.

Блоки РЛ и ВЦК позволяют на любом НРП магистрали выделить от1 до 30 каналов ИКМ-30. Блоки РЛ размещаются в НРП магистральных междугородних СП, а блоки ВЦК – на станции выделения каналов. Связь между РЛ и ВЦК осуществляется по двум первичным цифровым линейным трактам.

Число каналов, предоставляемых на станции выделения потребителю для связи с абонентами цифровой распределительной системы, составляет от1 до 30 в любом направлении по магистрали.

Оборудование ЦСП ИКМ-30Р размещается на стоечных каркасах СКУ-01 (2600х600х215 мм) или СКУ-03 ( 215х600х215 мм ).

Аппаратура ИКМ-30Р совместима с аппаратурой ИКМ-30-4.

ЦСП ИКМ-30Т

Комплекс аппаратуры первичной ЦСП ИКМ-30Т предназначен для организации технологической (производственной) связи ведомств с территориально рассредоточенными производственными службами (газо - и нефтепроводы, авто - и железные дороги, энергетические системы и т.д.) комплекс работает по симметричным высокочастотным кабелям по однокабельной схеме. Комплекс позволяет образовывать по одной четверке жил кабеля до 30 каналов ТЧ с возможностью использования части из них в режиме конференц-зала (ККТЧ), ОЦК вместо каналов ТЧ, асинхронный цифровой канал с пропускной способностью 1,2 кбит/с (ЦК-1,2) с возможностью его использования в режиме коллективного пользования.

Состав аппаратуры:

* стойка оконечной станции ОС;
* стойка промежуточной станции ПС;
* стойка дистанционного питания ДП ОС;
* стойка дистанционного питания ДП ПС;
* стойка дистанционного питания необслуживаемая НДП;
* необслуживаемая стойка вторичного электропитания НВП;
* необслуживаемый пункт выделения каналов грунтовой НПВГ;
* необслуживаемый пункт на одну систему НРПГ-1;
* необслуживаемый пункт с выделением цифровых сигналов для НПВГ НПРГ-1/В;
* необслуживаемый пункт на 4 системы НПРГ-4;
* необслуживаемый пункт с выделением цифровых сигналов для НПВГ НРПГ-4/В;
* аппарат абонента диспетчерской связи АДС;
* переносное переговорное устройство ППУ;
* переносное контрольное устройство ПКУ.

ЦСП ИКМ –120У

Аппаратура вторичной ЦСП ИКМ-120У предназначена для получения пучков каналов местной и внутризоновой сети на высокочастотных симметричных кабелях ЗКПАП-1х4, МКСА-1х4, МКСБ-4х4, МКСПАП-4х4, МКССП-4х4, МКСБ-7х4.

Состав аппаратуры:

* стойка вводов линейная СВЛ-У (2600х120х225 мм) – обеспечивает ввод – вывод 8 одночетверочных или 2 четырехчетверочных кабелей;
* необслуживаемый регенерационный пункт НРПГ-8У для организации от двух до восьми дуплексных линейных трактов;
* НРПК-2У для организации двух дуплексных линейных трактов, устанавливаемых в колодцах большого типа ККС-5М (ККС-5);
* НРПП-2У для организации двух дуплексных линейных трактов, устанавливаемых в цистернах НУП К-60 или подъездах зданий;
* НРПО – 2У для организации двух дуплексных линейных трактов, устанавливаемых на специальных опорах или опорах воздушных линий связи.

ЦСП ИКМ-120х2

Аппаратура ЦСП ИКМ-120х2 предназначена для применения на городских и внутризоновых сетях, как для нового строительства, так и для реконструкции существующих КЛС на кабелях типа ЗКА-1х4х1,2 и МКС-1х4, МКС-4х4, МКС-7х4 по двухкабельной однополосной системе связи.

По первичному варианту конструкции станционное оборудование размещается на стоечных каркасах СКУ-01 с габаритными размерами 2600х600х225 мм, в каркасе могут быть размещены не более 11 блоков:

- оборудование временного группообразования (блок ОВП-21);

* оконечное оборудование линейного тракта (блок ОЛТ-27);
* оборудование линейных переключений (блок ОЛП-21);
* комплект плат линейного тракта (блок КЛТ-29).

На необслуживаемых регенерационных пунктах устанавливается аппаратура НРП-6Д.

По второму варианту конструкции станционное оборудование размещается на стойке оконечного линейного тракта СЛО ИКМ-120х2 (2600х300х225 мм), которая обеспечивает прием и передачу четырех цифровых потоков со скоростью 8448 кбит/с, компенсацию затухания предшествующего участка кабеля, дистанционное питание до 23 НРП.

Промежуточное оборудование необслуживаемого регенерационного пункта – НРП ИКМ-120х2.

Мощность, потребляемая стойкой СЛО в комплектации на 2 системы передачи и максимальными секциями ДП по фидерам, составляет: Ф1-180 Вт, Ф2-180 Вт, сигнальный Ф- 30 Вт.

ЦСП ИКМ-120Т «Цепь»

Аппаратура вторичной ЦСП ИКМ-120Т предназначена для организации технологической связи вдоль газо - и нефтепроводов, автомобильных, речных и морских кабельных магистралей. Работает совместно с аппаратурой ИКМ-120У.

Аппаратура ИКМ-120Т в условиях отсутствия местного электропитания в пунктах, не относящихся к оконечным, представляет:

* произвольное число ОЦК первичной ЦСП;
* 3 канала ТЧ, работающих в режиме конференцсвязи;
* УКВ радиосигнал «Надежда-2».

В состав аппаратуры входят:

* стойка ДП и сопряжения с линейным трактом ССО-М с габаритными размерами 2600х120х260 мм;
* блок выделения каналов НПВ (248х221х518 мм);
* шкаф необслуживаемого пункта выделения ПВШ-2 (1520х730х325 мм);
* контейнер необслуживаемого пункта выделения «НПВГ-2».

Число НПВ, устанавливаемых на линии, достигает 14. Максимальное число включенных радиостанций в режиме «Передача» равно 4.

Питание стойки ССО-М осуществляется от источников с напряжением 24 В или 60 В с заземленным плюсом. Максимальная длина секции ДП равна 200 км при максимальном напряжении ДП, равном 700В.

ЦСП ИКМ-120/4

Аппаратура вторичной ЦСП ИКМ-120-4 рассчитана на работу по городским симметричным кабелям типа МКС по двухкабельной схеме и обеспечивает организацию до 1120 каналов ТЧ. Кроме того, аппаратура ИКМ-120-4 предусматривает возможность (с помощью блока АЦО-21) передачи по цифровому тракту со скоростью 8448 кбит/с преобразованного в цифровую форму сигнала вторичных групповых каналов с ЧРК с полосой частот (7,5…256) кГц, (304…552) кГц.

В состав аппаратуры входят оконечное, промежуточное и каналообразующее оборудование, а также унифицированное сервисное оборудование (УСО-01), позволяющее проводить автоматический контроль оборудования с точностью до ТЭЗ, организацию служебной связи, телеконтроля, контроль состояния каналов (свободен, занят, блокирован). Оборудование УСО позволяет контролировать до 100 комплектов первичных и вторичных ЦСП.

Блоки аппаратуры размещаются на стоечном каркасе СКУ-01 или СКУ-03. В оконечное оборудование входят следующие блоки:

- АЦО-11 (аналого-цифровое оборудование) на 30 каналов;

- АЦО-21 (аналого-цифровое оборудование вторичной группы);

* ОВГ-21 (блок оборудования временного группообразования –1 на 120 каналов);
* ОЛТ-21 (блок оборудования линейного тракта – 1 на 120 каналов);
* ОЛП-12 (блок оборудования линейных переключений 1 на систему);
* ОСА-13А и ОСА-13Б (комплект из двух блоков оборудования связи с АТС –1 на каналов);
* УСО-01 (унифицированное сервисное оборудование – 1 на 100 комплектов первичных ЦСП).

ЦСП ИКМ-120-4М

Аппаратура вторичной ЦСП ИКМ-120-4М с удлиненными регенерационными участками предназначена для работы в составе комплекса аппаратуры Икм-120-4/5 и рассчитана на работу по городским симметричным кабелям типа МКС по двухкабельной схеме.

В состав аппаратуры, кроме аппаратуры типового каналообразования, входят:

- ОЛТ-21 (блок оборудования линейного тракта - 1 на одну систему передачи);

* НРП-6Д (необслуживаемый регенерационный пункт с блоками РЛ-22 и одним КР-23).

Максимальная длина линейного тракта равна 100 км. Затухание регенерационного участка на полутактовой частоте – до 60 дБ.

Линейный код – НDB-3 или AMI.

Система АРУ линейного тракта позволяет перекрывать затухание кабеля от15 до 60 дБ без каких-либо переключений. При этом коэффициент ошибок не более  при отношении сигнал/помеха 23 дБ.

Служебная связь осуществляется по выделенной четверке кабеля.

Станционное оборудование размещается на стоечном каркасе СКУ-01 (2600х600х225 мм) или СКУ-03 (2150х600х225 мм).

ЦСП ИКМ-480

Аппаратура третичной ЦСП ИКМ-480 предназначена для получения пучков каналов внутризоновой и магистральной связи по коаксиальным кабелям типа МКТ-4.

В комплекс линии передачи ИКМ-480 входит следующее оборудование:

- СОЛТ (стойка оборудования линейного тракта с габаритными размерами 2600х600х 225 мм на 2 системы ИКМ-480);

* НРПГ-2 (промежуточное оборудование необслуживаемого регенерационного пункта на двухсторонних линейных тракта).

Комплект блоков КБ НРПГ-2 устанавливается через 3 км, КБ НРПГ-2С с усилителем СС – через 18 км, КБ НРПГ-2Т с регенератором сигналов ТМ – через 69 км.

ЦСП ИКМ-480С

Аппаратура третичной ЦСП ИКМ-480С предназначена для реконструкции (в отдельных случаях может быть использована при новом строительстве) магистральных кабельных линий связи, магистральных соединительных кабельных линий связи, внутризоновых кабельных линий связи.

Комплекс аппаратуры может организовать две системы ИКМ-480С в каждой четверке 4х4 кабеля типа МКС, МКСА, МКССт-4х4х1,2. В отдельных случаях возможно применение кабеля типа МКС-7х4х1,2.

Система связи двухкабельная, однополосная.

Состав аппаратуры линейного тракта:

* СВК (стойка вводно-кабельная), служит для подключения оконечного оборудования к магистральным кабелям. При организации 8 ЦСП ИКМ-480С на ОП устанавливается СВК с одним комплектом устройств вводно - кабельных (УВК) и четырьмя блоками линейных трансформаторов (ЛТ), в каждый из которых входит четыре ЛТ, а на ПОРП – с двумя комплектами УВК и восемью блоками ЛТ.
* СОЛТ (стойка оборудования линейного тракта). При организации 8 линейных трактов ИКМ-480С по 4х4 кабелю на ОП устанавливается одна стойка ОЛТ, а на ПОРП – две стойки ОЛТ-П.
* Комплект передвижного дисплея (ПД). В ОП и ПОРП устанавливается по одному комплекту ПД.
* СДП (стойка дистанционного питания). При организации 8 линейных трактов Икм-480С по 4х4 кабелю на ОП устанавливается одна стойка СДП, а на ПОРП - две стойки СДП.
* ШЕК (шкаф вводно-кабельный). Обеспечивает возможность включения на НРП четырех линейных кабелей емкостью 4х4.
* НРП-Г8 предназначен для организации от двух до восьми дуплексных линейных трактов, устанавливается непосредственно в грунт.
* НРП-К4 предназначен для организации до четырех дуплексных линейных трактов, устанавливается в контейнерах К-60П.
* НРП-Ц4 предназначен для организации до четырех дуплексных линейных трактов, устанавливается в контейнерах НУП К-60П.

ЦСП ИКМ-480Р

Аппаратура третичной ЦСП ИКМ-480Р предназначена для использования в качестве распределительной системы при совместной работе с магистральными линиями передачи К-3600 и К-5400 и может работать на кабелях КМБ-4 и коаксиальных парах 1,2/4,6 комбинированного коаксиального кабеля типа КМ-8/6.

Аппаратура использует стандартное каналообразующее оборудование и оборудование группообразования.

Оборудование линейного тракта ЦСП ИКМ-480Р включает в себя следующую аппаратуру:

* СОЛТ-Р (стойка оборудования линейного тракта). На стойке размещено оборудование трех оконечных линий передачи. Для организации режима ПОРП тракты передачи и приема двух оконечных комплектов соединяются на станционной стороне. Габаритные размеры: 2600х600х225 мм;
* РЛ-Р (регенератор линейный) на одну линию передачи.

Мультиплексоры PDH на четыре потока E1

ЗАО «Борисоглебские системы связи» выпускает мультиплексоры семейства ТС на 4, 8, 12, 16 потоков Е1 с оптическим и электрическим выходом. Модель с электрическим выходом имеет выходной интерфейс (коаксиальный разъем) 75 Ом. Мультиплексоры формируют выходной сигнал 34368 кбит/с не зависимо от количества включенных потоков Е1. Они могут выполнять функции мультиплексоров ввода-вывода [18].

Семейство аппаратуры ЦСП ПЦИ/PDH серии Т

Компания «Ротек» выпускает семейство аппаратуры ЦСП ПЦИ/PDH серии Т, в состав которого входят мультиплексоры Т-31 (2 Мбит/с), Т-34 (4х2 Мбит/с), Т-316 (1-16х2 Мбит/с), Т-41 (8 Мбит/с), Т-51 (34 Мбит/с) и гибкий мультиплексор Т-130[19].

ЦСП ИКМ-480х2

Аппаратура третичной ЦСП ИКМ-480х2 предназначена для получения пучков каналов внутризоновых и магистральных линий связи по коаксиальным кабелям типа МКТ-4 и обеспечивает организацию до 960 каналов ТЧ в групповом потоке со скоростью передачи 51840 кбит/с.

Аппаратура использует стандартное каналообразующее оборудование и оборудование группообразования.

Оборудование линейного тракта ЦСП ИКМ-480х2 включает в себя следующую аппаратуру:

* СОЛТ-2 (стойка оборудования линейного тракта), выпускается на 2 дуплексных цифровых линейных тракта. На ОП и ОРП устанавливается один и тот же тип стоек линейного оборудования СОЛТ-2;
* СВГ-2 (стойка временного группообразования) предназначена для организации цифрового потока со скоростью 51,84 Мбит/с путём асинхронного, синхронного или синхронно-синфазного объединения двух цифровых потоков со скоростью передачи 34,368 Мбит/с. Стойка выпускается на один цифровой линейный тракт;
* СДП-0,2/1800 (стойка дистанционного питания) предназначена для организации ДП 33 НРП одной системы передачи в двух направлениях передачи;
* СЛОСС-2 (стойка линейного оборудования служебной связи);
* СКОСС-2 (стойка коммутационного оборудования служебной связи);
* СДПТМСС (стойка ДП, ТМ и СС).

Последние четыре стойки рассчитаны на одну СП.

Все перечисленные выше стойки имеют габаритные размеры: 2600х120х240 мм.

В качестве аппаратуры НРП служат КБ НРПГ-2-2.

ЦСП ИКМ-1920

Аппаратура четвертичной ЦСП ИКМ-1920 предназначена для организации цифрового потока емкостью в 1920 каналов ТЧ или одного канала цветного телевизионного вещания и 480 каналов по кабелям КМ-4 с коаксиальными парами 2,6/9,5 мм.

Аппаратура использует стандартное каналообразующее оборудование и оборудование вторичного, третичного и четверичного группообразования.

В основной состав аппаратуры входят:

* СОЛТ (стойка оборудования линейного тракта), содержит оборудование передачи и приема двух цифровых потоков линейных сигналов со скоростью 139,264 Мбит/с и два комплекта телеконтроля и СС;
* СДП (стойка ДП), обеспечивает работу двух двухсторонних линейных трактов.

Стойки имеют габаритные размеры: 2600х120х260 мм.

ЦСП ИКМ-1920х2 (LA-140x2KX)

Аппаратура четвертичной ЦСП ИКМ-1920х2 предназначена для получения пучков каналов магистральной связи по коаксиальным парам нормального диаметра в кабелях типа КМ-4 и КМ-8/6, а так же по кабелям МКТ-4. обеспечивает организацию до 3840 каналов ТЧ в групповом цифровом потоке со скоростью передачи 284096 кбит/с.

Состав оборудования:

- LAG (стойка оконечного оборудования линейного тракта), содержит оборудование объединения - разделения двух стандартных цифровых потоков со скоростью 139264 кбит/с (производство фирмы RFT-SEL);

* СДП (стойка дистанционного питания);
* СУМ (стойка усилителей мощности);
* СТМ (стойка телемеханики);
* ССС (стойка служебной связи);
* УВК (комплект устройств вводно - кабельных);
* ZWR- 0,1 (линейный регенератор).

Габаритные размеры стоек: 2600х120х260 мм.

## Аппаратура выделения и транзита

# САЦК-2

Стойка аналого-цифрового (цифро-аналогового) каналообразующего оборудования САЦК-2 содержит 4 секции каналообразования СК-30 с цифровым четырехпроводным окончанием каналов. Использованием двух стоек, которые в тракте приема преобразовывают цифровой поток со скоростью передачи 2048 кбит/с на цифровые каналы 64 кбит/с, а в тракте

передачи – наоборот, можно организовать выделение и транзит любого количества из 30 цифровых каналов или 31 ОЦК.

Блок ВЦК-11 (ВЦК-12)

Блоки выделения цифровых каналов ВЦК-11 и ВЦК-12 используют в составе аппаратуры ИКМ-30С-4 и ИКМ-30Р.

ВЦК-11 предназначен для организации оперативного (нестационарного) ответвления каналов потребителю и обеспечивает сопряжение НРП (РЛ-16, РЛ-110) с каналообразующей аппаратурой. ВЦК-12 предназначен для выделения от 1 до 15 каналов с повторным занятием для стационарного пункта ответвления. Устанавливается в обслуживаемом пункте ответвления (ОПО) и обеспечивает сопряжение линии ответвления с одним комплектом каналообразующей аппаратуры и транзит остальных каналов.

Стационарное объединение организуется в постоянно действующем узле связи (РУС и т. п.), расположенном в стороне от МКЛС. Линия ответвления организуется с использованием НРП ИКМ-30С-4 на кабелях КСПП-1х4х0,9 (1,2). В пункте ответвления устанавливается два комплекта ОЛТ-13 блока ВЦК-12 с одним комплектом АЦО-11 (САЦК) или два комплекта АЦО-11 (САЦК). В первом случае возможно выделение до 15 каналов с транзитом остальных каналов через транзитные ВЧ удлинители. Во втором варианте отсутствует возможность транзита ОЦК.

Количество пунктов выделения на линии не более 10.

Необслуживаемый пункт НПВГ

Необслуживаемый пункт выделения каналов грунтовой НПВГ устанавливается совместно с НРПГ-1/В или НРПГ-4/в цифровой СП ИКМ-30Т.

Напряжение питания 24 В, потребляемая мощность – 40 Вт.

Необслуживаемый пункт НПВ

Необслуживаемый пункт выделения каналов НПВ устанавливается в шкафу необслуживаемого пункта выделения ПВШ-2, расположенном в контейнере необслуживаемого пункта выделения НПВГ-2 системы передачи ИКМ-120Т. Количество НПВ, устанавливаемых на линии, не более 14.

Аппаратура выделения АВ-8:2

Аппаратура выделения и ввода первичных цифровых потоков АВ-8/2 позволяет выделять и вводить первичный цифровой поток со скоростью передачи 2048 кбит/с из цифрового потока со скоростью 8448 кбит/с на ОРП

(ПОРП). Три других компонента потока передаются через ОРП на принципах цифрового транзита. Выделяемый поток может быть расформирован в ОРП с помощью дополнительно устанавливаемого комплекта АКУ-30 или СК-30.

Измерительные приборы

1. Измеритель шумов квантования ИШК в телефонных каналах и каналах вещания СП ИКМ-30, ИКМ-120. диапазон измерительных частот- (0,03…10) кГц.
2. Прибор контроля регенерационных участков ПКРУ-4 применяется для измерения коэффициента ошибок линейных регенераторов без перерыва связи. Применяется в СП ИКМ-480 и ИКМ-1920.
3. Прибор контроля регенерационных участков ПКРУ-34х2 СП ИКМ-480 и ИКМ-489х2 применяется для измерения коэффициента ошибок и амплитуды контрольного сигнала без перерыва связи. Диапазон измерения коэффициента ошибок – (99,8х10-5…0,1х10-9) с погрешностью не более 10%. Прибор предназначен для работы в полевых условиях.
4. Измеритель затухания кабельных линий ИЗКЛ-120А предназначен для измерения на оконечных станциях и в НРП затухания участков симметричного непупинизированного кабеля, уплотняемого СП ИКМ-120. комплект состоит из генератора и измерителя уровня. Генератор обеспечивает получение синусоидального сигнала фиксированной частоты 4224 кГц. Максимальная чувствительность измерителя уровня составляет: –80 дБ.
5. Имитатор регенерационного участка ИРУ-1 предназначен для измерения помехоустойчивости регенераторов аппаратуры ИКМ-120У. Прибор содержит 3 функциональных блока: блок искусственной линии, блок питания регенераторов, генератор импульсов помехи. В качестве источника испытательного сигнала используется измеритель коэффициента ошибок

ИКО-1.

1. Измеритель ошибок ИО предназначен для индикации, счета ошибок и контроля коэффициента ошибок без перерыва связи в линейных трактах ЦСП ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920 в диапазоне частот (0,5…140) МГц. Прибор имеет три модификации, определяемые тактовой частотой СП: ИО-1 (512 и 2048 кбит/с); ИО-2 (8448 и 34368 кбит/с) и ИО-3 (114048 и 139264 кбит/с).
2. Портативный прибор ИО-0 используется для регистрации ошибок на контрольном электрическом и оптическом выходах регенератора, а также для контроля мощности импульсов оптического излучения на оптическом выходе регенератора. Прибор состоит из 2 блоков: собственно прибора ИО-0 и зарядного устройства (УЗ).
3. Измеритель коэффициента ошибок ИКО-1 первичных и вторичных цифровых линейных трактов оборудования ЦСП с обычным и оптическим кабелем позволяет измерять коэффициент ошибок методом посимвольного сравнения испытательного сигнала с эталоном и методом регистрации нарушений кода в измерительной линии.
4. Измеритель коэффициента ошибок ИКО2-1 (ИКО2-2) предназначен для измерения коэффициента ошибок, числа ошибок и амплитуды импульсов в стандартных стыках и контрольных выходах регенераторов ЦСП ИКМ-30 и
5. ИКМ-120 (ИКМ-120х2), работающих со скоростями передачи информации 2048, 8448 (8448, 11456 и 22912) кбит/с в кодах AMI, HDB-3 (AMI, HDB-3, 3B4B). Пределы измерения коэффициента ошибок – (1х10-2..1х10-9) с погрешностью от5 до 15%. Пределы измерения амплитуд входного сигнала от 0,2 до 3,5 В с погрешностью 10…15%.
6. Прибор для измерения достоверности передачи информации в ЦСП ИКО-1-5 предназначен для использования на электрических и ОК на скоростях до 700 Мбит/с. комплект состоит из генератора испытательных сигналов и детектора ошибок. В качестве испытательного используется сигнал, представляющий собой псевдослучайную последовательность импульсов с периодом 27–1, 215–1, 225–1 импульсов тактовой частоты. Выходной сигнал в кодах RZ, NRZ, CMI. Диапазон измеряемых коэффициентов ошибок (10-2…10-12).
7. Измеритель коэффициента ошибок канальный ИКО-К предназначен для измерения коэффициента ошибок аппаратуры АКУ-30 методом посимвольного сравнения. Тактовые частоты передачи составляют 8 и 64 кГц. Используется код – ОБС.
8. Измеритель фазовых дрожаний ИФД1-3 предназначен для измерения полного размаха и среднеквадратических значений фазовых дрожаний сигналов ЦСП ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-120х2, ИКМ-480, Икм-480х2, ИКМ-480С. информация о режимах работы ИФД1-3 и результаты измерений отображаются на алфавитно-цифровом дисплее. Внутренние тактовые частоты: 2,048; 8,448; 22,912; 34,368; 41,241; 51,840 МГц. Коды линейного сигнала: ВН, БВН, 5В6В, 3В4В, CMI, ЧПИ, МЧПИ, FOMOT, MMS-43. входные сопротивления: 75, 120, 150, 165 Ом.

Приложение В

(справочное)

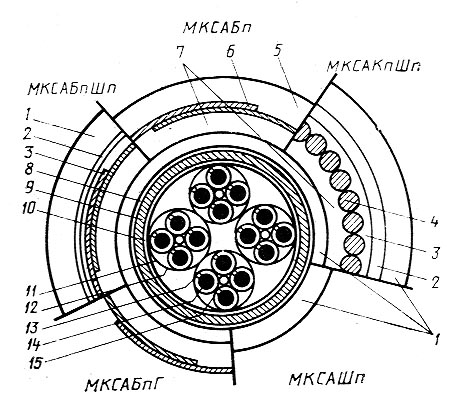


Рисунок В.1 - Симметричный высокочастотный

кабель в алюминиевой оболочке МКСАШп-4×4:

1 – полиэтиленовый шланг, 2 – поливинилхлоридная лента, 3 – битумный состав, 4 – бронепроволока, 5 – наружный покров из кабельной пряжи, 6 – две бронеленты, 7 – подушка, 8 – вязкий подклеивающий слой, 9 – алюминиевая оболочка, 10 – поясная изоляция, 11 – цветная хлопчатобумажная пряжа, 12 – полистирольная пленка, 13 – цветной полистирольный кордель, 14 – токопроводящая жила диаметром 1.2мм, 15 – центрирующий кордель диаметром 1.1 мм.

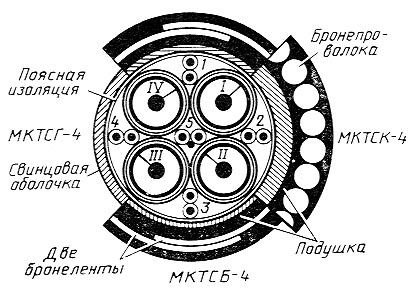


Рисунок В.2 – Сечение кабеля МКТ

Применяются два основных типа малогабаритных кабелей: МКТА-4 в алюминиевой оболочке и МКТС-4 в свинцовой оболочке.

Во всех типах кабелей конструкция сердечника одна и та же: он скручивается из четырех коаксиальных пар, пяти симметричных пар и одной контрольной жилы.

Каждая коаксиальная пара состоит из медного внутреннего проводника диаметром 1.2 мм и внешнего проводника в виде медной гофрированной трубки с продольным швом диаметром 4.6 мм. Внутренний проводник изолирован от внешнего концентрично наложенной баллонной полиэтиленовой изоляцией, поверх которой имеется экран из двух стальных лент толщиной 0.1 мм. Сверху располагается поливинилхлоридная лента толщиной 0.23 мм.

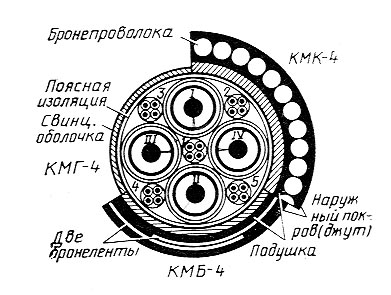
Диаметр коаксиальной пары 6.4 мм.

Рисунок В.3 - Сечение коаксиального кабеля КМ-4

Под общей оболочкой расположено четыре коаксиальные пары, а также пять симметричных четверок для служебной связи и телесигнализации.