

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ



Ҳимоя қилишга рухсат берилсин

“ЭА ва Р” кафедра мудири

_____ проф. Халиков А.А.

« ____ » _____ 2018 й.

“Электр алоқа ва радио” кафедраси «Создание сети ОТС на базе современных мультиплексов» мавзудаги

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Муаллиф: Пак Владислав Игоревич

Битирув иши раҳбари: доц., к.т.н., Колесников И.К.

Меҳнатни муҳофаза қилиш бўйича маслаҳатчи:

Кат.ўқитувчи., Криворучко Б. В.

Такризчи:

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Ташишни ташкил этиш ва транспорт логистикаси факультети

«Электр алоқа ва радио» кафедраси

Телекоммуникация йўналиши ТК-46 гуруҳ

“Тасдиқлайман”

“ЭА ва Р” кафедра мудири

_____ проф. Халиков А.А.

2018 йил _____

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ БЎЙИЧА ТОПШИРИҚ

Талаба : Пак Владислав Игоревич

1. Битирув ишининг мавзуси: «Создание сети ОТС на базе современных мультиплексов»

« _____ » _____ 2017 йил кафедра мажлисида маъқулланган.

2. Битирув ишни топшириш муддати _____

3. Битирув ишни бажаришга доир бошланғич маълумотлар

В ВКР рассматриваются вопросы о создании сети ОТС на базе современных мультиплексов

4. Ҳисоблаш – тушунтириш ёзувларининг таркиби (ишлаб чиқиладиган масалалар рўйхати)

1. Структура сети ОТС 2. Обзор мультиплексов 3. Расчет железнодорожного участка Кунград-Ходжейли-Нукус на базе современных мультиплексов.

4. Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации ВОЛС.

5. Чизма ишлар рўйхати (чизмалар номи аниқ кўрсатилади)

Плакат№1. Структура ОТС. Плакат№2. Мультиплексоры

Плакат№3. Модернизованный участок железной дороги Кунград-Ходжейли-Нукус

1. Битирув иши бўйича маслаҳатчи (лар)

№ т/р	Бўлим мавзуси	Маслаҳатчи ўқитувчи Ф.И.Ш.	Имзо, сана	
			Топшириқ берилди	Топшириқ бажарилди
1.	Асосий қисм	Доц. Колесников И.К.		
2.	ХФХваТХ	Криворучко Б.В.		

2. Битирув ишни бажариш режаси

№ т/р	Битирув иши босқичларининг номи	Бажариш муддати (сана)	Текширувдан ўтганлик белгиси
1.	Структура сети ОТС		
2.	Обзор мультиплексоров		
3.	Расчет железнодорожного участка Кунград-Ходжейли-Нукус на базе современных мультиплексоров		
4.	Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации ВОЛС.		

Битирув иши раҳбари: доц. Колесников И.К. _____

Топшириқни бажаришга олдим: Пак В.И. _____

Топшириқ берилган сана 2018 йил _____

СОДЕРЖАНИЕ

АНОТАЦИЯ	
ВВЕДЕНИЕ	
1. СТРУКТУРА СЕТИ ОТС	
1.1. Общие сведения, назначение, виды и классификация ОТС.....	
1.2. Способы организации сети ОТС.....	
1.3. Аналоговые и цифровые системы ОТС.....	
2. ОБЗОР МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ	
2.1. Аналоговые мультиплексоры.....	
2.2. Цифровые мультиплексоры.....	
2.3. Оптические мультиплексоры.....	
2.4. Современные оптические мультиплексоры.....	
3. РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЧАСТКА КУНГРАД-ХОДЖЕЙЛИ - НУКУС НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ	
3.1. Анализ ОТС на участке Кунград-Ходжейли-Нукус	
3.2. Выбор оборудования современной системы связи на данном участке	
3.3. Проектирование современной системы связи на участке Кунград-Нукус	
4. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	

ВВЕДЕНИЕ

Планы по реабилитации железнодорожных линий и строительству новых должны учитывать несколько основных критериев для определения степени приоритетности планируемого к реализации проекта, а именно:

- линии стратегического назначения (для формирования единой транспортной сети Республики Узбекистан);
- линии геополитического назначения, для формирования и развития новых и существующих международных транспортных коридоров;
- линии преимущественно грузового назначения, для обеспечения подходов, развития и оптимизации функционирования, разработки и эксплуатации новых месторождений, промышленных предприятий страны;
- линии пассажирского назначения, для развития туризма страны, повышения комфортабельности движения и увеличения мобильности населения государства;
- линии для проведения реабилитации и модернизации, в целях повышения установленных скоростей движения, обеспечения безопасности движения поездов;
- модернизируемые действующие линии, предназначенные для освоения прогнозных объемов перевозок и организации скоростного пассажирского движения.

Для дальнейшего развития инфраструктуры и подвижного состава компании предусматривается:

- строительство новых железнодорожных линий и реабилитация эксплуатируемых;
- строительство новых и реконструкция существующих отдельных пунктов;

- применение современных информационных систем и систем цифровой связи;
- автоматизация функции управления поездов;
- расширение функций безопасности станционных систем управления на сортировочных станциях;
- дальнейшее развитие логистических центров, организация на их базе эффективного взаимодействия с другими видами транспорта;
- внедрение технологий взаимодействия с клиентами путем расширения использования интерактивных услуг;
- повышение доли транзитных перевозок грузов за счет качества транспортного обслуживания;
- использование современных материалов и конструкций;
- развитие партнерства со странами «пространства 1520»;
- развитие и внедрение инновационных технологий.

Модернизация существующей материально-технической базы железнодорожного транспорта предусматривает:

- модернизацию подвижного состава с продлением эксплуатационного ресурса и улучшением технико-экономических характеристик;
- повышение пропускной и провозной способности железнодорожных линий с целью исключения возможности возникновения «узких» мест;
- обновление подвижного состава и технических средств с истекшими сроками службы на новую технику с высокой производительностью и низкой ремонтоемкостью;
- внедрение инновационных технологий в области эксплуатации и ремонта объектов железнодорожного транспорта;

- увеличение средней участковой скорости в грузовом сообщении;
- снижение удельных энергозатрат на тягу поездов;
- увеличение маршрутных скоростей пассажирских поездов на основных направлениях.

Реализация вышеуказанных работ обеспечит решение государственных задач в области железнодорожного транспорта. По итогам реализации будет достигнуто создание единой транспортной сети железных дорог Республики Узбекистан, равномерно развита инфраструктура всех регионов страны, обновлена база подвижного состава, созданы условия для стабильного роста экономики государства. Реформирование отрасли обеспечит оптимизацию ее структуры и приток инвестиций для модернизации и расширения сети железных дорог. Современные технологии и технологичность производства обеспечат потребность экономики страны в качественных перевозках. Повышение скорости и надежности доставки грузов будет способствовать снижению потребностей товаропроизводителей в оборотном капитале и, следовательно, удешевлению производства и сбыта товаров, повышению конкурентоспособности экономики. В результате реализации вышеуказанных работ будет увеличена мобильность населения. Планируется увеличение полигона скоростного пассажирского сообщения (со скоростью до 160 км/ч и выше). Предусмотрено развитие кадрового потенциала, повышение производительности и улучшение условий труда работников железнодорожного транспорта, а также повышение безопасности, эффективности, экологичности и экономичности железнодорожного транспорта.

Таким образом, в результате реализации работ будут созданы транспортные условия для обеспечения динамичного развития экономики страны, роста внутреннего валового продукта и промышленного производства.

1. СТРУКТУРА СЕТИ ОТС

1.1 Общие сведения, назначение, виды и классификация ОТС

ОТС - предназначена для оперативного управления работой ж.-д. транспорта, организации перевозочного процесса, регулирования грузопотоков, повышения эффективности использования подвижного состава, обеспечения взаимодействия подразделений и служб железных дорог. На отечественных ж. д. для выполнения переговоров существуют различные виды оперативно-технологической связи. Каждому виду оперативно-технологической связи выделяется отдельная цепь (канал) с использованием группового принципа подключения – групповая цепь с системой избирательного вызова. В этой системе вызов номера любого аппарата, включенного в цепь, осуществляется посылкой в линию индивидуальной кодовой комбинации сигнала, воспринимаемой только аппаратурой вызываемой станции. Система предусматривает одновременный вызов нескольких станций (групповой вызов) или всех сразу (циркулярный вызов). Управление процессом соединения в этой системе осуществляется распорядительной станцией, аппаратурой индивидуального пользования групповой цепью с индивидуальным вызовом, установленной на промежуточной станции – промпункте. ОТС является вторичной сетью технологической связи, по области применения вторичные технологические сети делятся на ОбТС и ОТС (рис. 1).

На участках АО «Узбекистон темир йуллари» до определенного момента применялась, в основном, система избирательного вызова, осуществляемого импульсами переменного тока в диапазоне тональных частот.

Различают магистральную сеть связи, дорожную сеть ОТС и сети станционной распорядительной телефонной связи – отделенческой и станционной. Отделенческая оперативно-технологическая связь организуется по диспетчерскому, постанционному и комбинированному типам, а также может быть прямой.



Рис.1.1. Структурная схема классификации технологической связи

При организации связи по диспетчерскому типу устройства избирательного вызова располагаются у диспетчера, и он единолично управляет процессом соединения с вызываемым объектом. Аппаратура промпункта не имеет устройств посылки вызова, который осуществляется голосом. При организации связи по постанционному типу промпункты оборудуются устройствами посылки вызова. При постанционно-диспетчерской связи аппаратуру постанционного типа

устанавливают на участковой станции с подключением к ручной междугородной телефонной станции.

Среди различных видов оперативно-технологической связи наиболее важными являются виды связи, используемые в оперативном руководстве.

- Поездная диспетчерская связь (ПДС) служит для ведения переговоров диспетчера со всеми отдельными пунктами, входящими в обслуживаемый им участок, по вопросам управления движением поездов. ПДС проектируется в границах диспетчерского участка, помещение находится в отделении дороги. В ПДС включаются промпункты операторов, дежурных по подменным пунктам, локомотивный диспетчер, энергодиспетчер и т. д. По каналам ПДС осуществляется связь диспетчера движения с машинистами локомотивов, начальниками восстановительных и пожарных поездов, с электромеханиками СЦБ, руководителями восстановительных и ремонтных работ при обслуживании пути и контактной сети.

- Энергодиспетчерская связь (ЭДС) организуется в пределах дистанции электроснабжения для оперативного руководства электроснабжением электрифицированных участков ж. д. В каналы ЭДС включаются промпункты начальника дистанции и его заместителя, а также дежурных тяговых подстанций, дистанций контактной сети, электродепо, постов секционирования и пунктов параллельного соединения контактной сети. Энергодиспетчер имеет прямую телефонную связь с диспетчерскими пунктами энергосистем, питающих сети дистанции.

- Вагонная диспетчерская связь (ВДС) организуется по диспетчерскому типу в пределах отделения дороги для контроля за продвижением подвижного состава и состоянием погрузочно-разгрузочных работ. В канал ВДС включаются промпункты товарных и технических контор, погрузочных пунктов, а также предприятия с подъездными путями. ВДС подключается к ручной междугородной телефонной станции.

- Билетно-диспетчерская связь организуется по диспетчерскому типу для централизованного распределения мест на пассажирские поезда. Билетные кассы на станциях включают в каналы ПДС.

- Постанционная связь (ПС) служит для ведения переговоров работников промежуточных станций, платформ и остановочных пунктов между собой, а также для связи с работниками участковых и отделенческих станций. Для этого канал ПС подключается к ручной междугородной телефонной станции. В ПС включаются промпункты дежурных пунктов дистанции контактной сети и др. При диспетчерской централизации аппараты ПС устанавливаются в пассажирском зале вокзалов и станций. В цепи ПС могут включаться промпункты товарных и технических контор и билетных касс (при отсутствии ПДС), караульные помещения охраняемых искусственных сооружений, а также могут быть включены ж.-д. АТС малой емкости на промышленных ж.-д. станциях, без выхода на участковые станции.

- Линейно-путевая связь (ЛПС) проектируется в пределах дистанции пути для оперативного управления работой технического персонала дистанции. В ЛПС включают конторы дистанции, помещения табельных, пунктов обогрева, бригадиров пути, дежурных переездов и т. п.

- Служебная диспетчерская связь (СДС) организуется в пределах дистанции сигнализации и связи для ведения переговоров работников дистанции с линейными электромеханиками. В СДС включают промпункт начальника и дежурного диспетчера дистанции, дежурного инженера поста диспетчерской централизации, релейных СЦБ, квартиры электромехаников. СДС организуют по каналам диспетчерской связи.

- Связь транспортной военизированной охраны служит для оперативного управления подразделениями военизированной охраны МПС; используется групповой принцип подключения с избирательным вызовом. Для оперативного управления подразделениями транспортной милиции, а также подключения

переговорных колонок на станциях и пассажирских пунктах для организации связи «пассажир – милиция» используется канал связи транспортной милиции.

- Переговоры работников ж.-д. транспорта, находящихся на перегоне, осуществляются по каналам перегонной связи (ПГС), которая создается на участках ж. д. с автоматической блокировкой. В цепь ПГС включают промпункты остановочных пунктов, охраняемых объектов и переездов, а также телефонные автоматы наружной установки на релейных шкафах входных и проходных сигналов, неохраняемых переездов, тоннелей. Между пунктами, находящимися один от другого на расстоянии более 2 км, ставят переговорные колонки.

- Поездная межстанционная связь организуется по прямым некоммутируемым каналам без использования избирательного вызова для служебных переговоров между дежурными смежных отдельных пунктов по вопросам движения поездов.

- Станционная распорядительная телефонная связь (СРТС). Предназначена для управления основными технологическими процессами работы ж.-д. станции. Один из видов оперативно-технологической связи. Структура сети станционной распорядительной телефонной связи определяется структурой системы управления технологическими процессами работы станции. На малых и средних станциях с одним руководителем сеть станционной распорядительной телефонной связи строится по радиальному принципу – все абоненты связаны только с этим руководителем-дежурным, являющимся распорядителем связи. На крупных станциях, объединяющих несколько взаимосвязанных технологических районов и имеющих два или три уровня управления технологическими процессами, связь строится по радиально-узловому принципу. При этом каждый руководитель технологического процесса имеет в своем распоряжении радиальную сеть, охватывающую технологическую зону, район или станцию в целом в зависимости от уровня управления. Такая структура сети обеспечивает возможность осуществления телефонной связи и бесперебойное управление технологическими процессами работы станции даже при повреждениях в сети и

отказах ее составных частей – отдельных линий и устройств. На крупных станциях организуются связанные между собой сети для следующих категорий руководителей этих процессов - распорядителей связи: дежурный по станции; дежурный по парку или путям (сортировочному, приема или отправления); маневровый диспетчер сортировочной станции, участковой, грузовой или пассажирской станции; маневровый диспетчер по местной грузовой работе грузовой станции; дежурный по горке сортировочной станции; дежурный по горловине формирования сортировочной станции; станционный диспетчер сортировочной станции; оператор станционного технологического центра; оператор маневрового района; сменный вагонный мастер (старший осмотровик вагонов); оператор пункта технического осмотра вагонов; дежурный локомотивного депо; заместитель начальника депо по ремонту; начальник подразделения военизированной охраны. На сортировочных станциях сети распорядительной связи организованы отдельно для каждого (четного и нечетного) направления движения. Сеть распорядительной связи относится к классу закрытых сетей, не имеющих выхода в др. сети. Абонентскими пользователями сети являются руководители и исполнители технологического процесса на станции, состав которых для каждого технологического района или зоны устанавливается нормативными документами.

Для организации оперативно-технологической связи используют воздушные, кабельные, радиорелейные линии, физические цепи и каналы тональной частоты, а в последнее время – волоконно-оптические линии связи с применением цифровых методов передачи.

Развитие цифровых сетей ОТС идет опережающим темпами по сравнению с проводными сетями связи. На железных дорогах большинства стран повсеместно внедряются цифровые системы ОТС, имеющие хорошие технологические характеристики и параметры надежности, модульное построение, экономические показатели и другие свойства, позволяющие успешно конкурировать и вытеснять устаревшие проводные системы связи.

1.2. Способы организации сети ОТС

Отличительными особенностями магистральных, дорожных и отделенческих ОТС являются линейное расположение абонентских пунктов вдоль железных дорог при среднем расстоянии между ними 5—10 км; значительная протяженность обслуживаемых участков; оперативно-служебный характер каждого вида связи, особое назначение и самостоятельная область применения; односторонний способ ведения переговоров; неравномерность распределения нагрузки между пунктами, так как наибольшее количество переговоров абоненты линейных пунктов ведут с руководителями, находящимися в центрах управления на дорожных, отделенческих и участковых станциях, а число переговоров внутри участка между абонентами линейных пунктов сравнительно невелико. Основу сети оперативно-технологической связи (ОТС) технологического сегмента составляют групповые каналы, организованные в пределах дороги или дорог, а также отделений дорог. Именно в отделении дороги производятся интенсивные погрузо-разгрузочные и перевозочные работы.

Для проектирования необходимо определить границы участка железной дороги, количество станций, установить местонахождение управления дороги (УД), регионального железнодорожного узла (РЖУ), узловых станций и участковых как больших, так и малых.

Узловые и крупные участковые станции совпадают с крупными населенными пунктами, УД и РЖУ – с центрами административных округов. На узловых и крупных участковых станциях устанавливаются исполнительные станции ОТС, дистанции пути, СЦБ и связи, энергоснабжения, сортировочных горок, локомотивные и вагонные депо. В управлении дороги организовывается ЕДЦ, распорядительные и исполнительные станции всех проектируемых групповых каналов.

Оперативно технологическая связь (ОТС) входит в комплекс технологической телефонной связи (ТТС), которая предназначена для оперативного руководства технологическими процессами на станциях и перегонах железных дорог страны.

По району действия ТТС подразделяется:

- 1) на магистральную (связь совещаний МСС и распорядительную связь МРС);
- 2) дорожную (связь совещаний ДСС и распорядительную связь ДРС);
- 3) отделенческую (отделенческую связь совещаний ОСС, оперативно-технологическую связь ОТС);
- 4) станционную (дежурного по станции (ДСП); станционного диспетчера (ДСЦ); дежурного по депо (ДВД) и др.).

Магистральные, дорожные и отделенческие виды связи характеризуются линейным расположением абонентских пунктов вдоль железных дорог и относительно малой телефонной нагрузкой, возникающей в этих пунктах. Поэтому их организуют по групповому принципу, при котором аппараты абонентов промежуточных пунктов включаются параллельно в общий групповой канал (рис. 1.7, а). Сеть станционной оперативно-технологической связи строится по лучевому принципу (рис. 1.7, б). При этом у руководителей станции устанавливают коммутатор технологической связи (КТС), а у абонентов телефонные аппараты. В КТС, кроме того, включаются каналы отделенческой технологической связи.

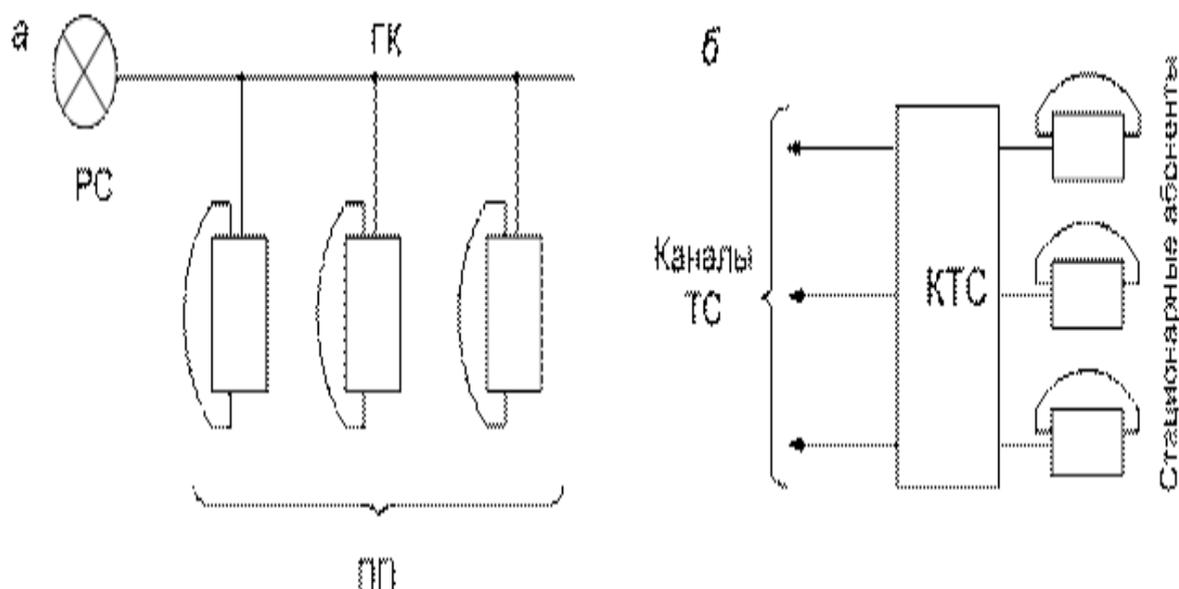


Рис.1.2. Способы организации ОТС:

а – групповой принцип; *б* – лучевой принцип; РС – распорядительная станция; ПП – промежуточный пункт; ГК – групповой канал; КТС – коммутатор технологической связи.

Согласно данным применение групповых каналов повышает использование линейных сооружений, так как каждым каналом пользуются абоненты и линейных станций, а не одна. Поэтому выбираем групповой принцип подключения к каналу абонентских установок на линейных станциях, который облегчает организацию связи совещаний. Таким образом, использование группового канала по сравнению с индивидуальными более эффективно. Следует отметить, что при применении групп каналов отсутствует секретность связи, так как пользователи могут прослушивать разговоры других абонентов, включенных в этот же канал. Однако, в силу того, что по каналам ОТС ведутся служебные переговоры, этим недостатком пренебрегают. Для того, чтобы абоненты не мешали друг другу, телефонные аппараты подключаются к групповому каналу только в момент ведения переговоров. В свою очередь переговоры могут осуществляться только с разрешения и под контролем руководителя (диспетчера) или оператора, который устанавливает соединение.

Согласно технологии ведения переговоров по групповым каналам наряду с индивидуальным вызовом требуется посылать от распорядительной станции одновременно вызов группе промежуточных пунктов или всем пунктам, включенным в канал.

Система телефонной связи, обеспечивающая посылку индивидуального, группового и общего (циркулярного) вызовов, называется избирательной. В один групповой канал обычно требуется включать до 20—30 промежуточных пунктов.

Сети станционной ОТС строятся по радиальному принципу. У руководителей технологического процесса устанавливаются коммутаторы оперативной связи (КТС), а у абонентов — телефонные аппараты с центральным электропитанием (ЦБ).

1.3. Аналоговые и цифровые системы ОТС

Особенностью ОТС аналоговых систем является выделение отдельных цепей с использованием группового принципа подключения — групповая цепь с системой избирательного вызова. В этой системе вызов любого аппарата, включенного в цепь, осуществляется посылкой индивидуальной кодовой комбинации в линию, воспринимаемой только аппаратурой вызываемой станции.

Система избирательного вызова по групповым каналам присущи следующие эксплуатационно-технические особенности:

- возможность посылки индивидуального, группового и циркулярного вызовов;
- обеспечение приема вызывного сигнала специальными устройствами, настроенными на соответствующую кодовую комбинацию;
- обеспечение посылки от промежуточного пункта сигнала контроля приема избирательного вызова.

При создании системы с тональным вызовом были учтены основные условия ее работы: возможность применения на кабельных и воздушных линиях с повышенной защитой от опасных влияний на электрифицированных участках,

использование дуплексных промежуточных усилителей, возможность применения для организации связи по каналам тональной частоты, высокая надежность аппаратуры в эксплуатации. В системе с тональным избирательным вызовом вызывные комбинации передаются импульсами переменного тока в диапазоне частот от 316 до 2000 Гц. Выбор такого диапазона частот определяется тем, что аппаратура должна обеспечивать работу по физическим каналам и каналам ТЧ воздушных и кабельных линий связи. Рабочая полоса частот физических каналов, организованных по стальным цепям воздушных линий связи с двусторонними усилителями, для обеспечения устойчивости связи ограничивается диапазоном 300—2000 Гц.

Для образования вызывных комбинаций используется многочастотный код. При выборе вызывных частот исходили из требования, чтобы ни одна из вызывных частот не была кратна другой. Для того, чтобы третьи гармонические составляющие вызывных частот не совпадали с основными частотами, значения последних выбраны так, что отношения соседних вызывных частот отличались друг от друга на постоянную величину.

Для получения более простых селективных систем в приемниках промежуточных пунктов необходимо, чтобы третьи гармоники вызывных частот располагались выше границы выбранного диапазона или в середине между вызывными частотами. При выполнении этих условий в заданном диапазоне частот можно разместить семь тональных вызывных частот:

порядковый номер	1	2	3	4	5	6	7
вызывная частота, Гц,	316	430	585	795	1080	1470	2000

Тональный вызывной сигнал имеет длительность 2,4 с и состоит из двух импульсов тока разных частот, следующих один за другим без перерыва. Продолжительность первого импульса 0,8 с, второго — 1,6 с. Выбор длительности посылки первого импульса определяется условиями уверенного его приема при наличии линейных шумов и передаваемых по каналу речевых сигналов, а также условием несрабатывания приемника от действия помех в

паузах между передачей кодированных сигналов. Так как во время приема второго импульса работает звонок, то длительность его больше в 2 раза. Так как амплитуда вызывных сигналов соизмерима по значению с амплитудой речевых, то необходимо использовать временную защиту дешифратора от ложного срабатывания от разговорных токов, введя замедление с помощью электромеханического контура на срабатывание его исполнительных элементов. Это достигается при выбранной длительности импульсов (0,8 с и 1,6 с).

Все вызывные комбинации разделены на семь групп по шесть комбинаций в каждой группе. Они приведены в табл.1.1, которые соответствуют номерам вызывных частот. Циркулярный вызов осуществляется посылкой последовательных импульсов семи группового вызова: 2-1-2-3-4-5-6-7.

Как было отмечено, код СК 2/7 содержит 42 вызывные комбинации. На первом этапе развития ОТС этого количества комбинаций было достаточно. Однако совместное применение систем радио - и проводной связи потребовало увеличения их количества. Разработка нового поколения электрических фильтров с высокой степенью избирательности позволила увеличить количество рабочих (сигнальных) частот в диапазоне 300—2000 Гц с семи до одиннадцати. Тем самым появились предпосылки для разработки и создания системы тонального избирательного вызова кодом 2 из 11 (СК 2/11).

Таблица 1.

Системы тонального избирательного вызова кодом СК 2/7 и СК 2/11

Группы абонентов	Код комбинации группового вызова	Кодовые комбинации индивидуального вызова								
		3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1
1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1
2	1-2	3-2	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2	10-2	11-2
3	2-3	1-3	4-3	5-3	6-3	7-3	8-3	9-3	10-3	11-3
4	3-4	1-4	2-4	5-4	6-4	7-4	8-4	9-4	10-4	11-4
5	4-5	1-5	2-5	3-5	6-5	7-5	8-5	9-5	10-5	11-5
6	5-6	1-6	2-6	3-6	4-6	7-6	8-6	9-6	10-6	11-6
7	6-7	1-7	2-7	3-7	4-7	5-7	8-7	9-7	10-7	11-7
8	7-8	1-8	2-8	3-8	4-8	5-8	6-8	9-8	10-8	11-8
9	8-9	1-9	2-9	3-9	4-9	5-9	6-9	7-9	10-9	11-9
10	9-10	1-10	2-10	3-10	4-10	5-10	6-10	7-10	8-10	11-10
11	10-11	1-11	2-11	3-11	4-11	5-11	6-11	7-11	8-11	9-11

Двухпроводные каналы ТЧ представляют собой физические цепи, организованные по металлическому кабелю или воздушной линии связи, в которые могут включаться устройства разного назначения, например, промежуточные усилители. Организация оперативно-технологической телефонной связи по двухпроводным каналам ТЧ имеет существенные недостатки, ведущие к ухудшению качества связи, особенно при большой протяженности каналов.

Основная особенность цифровых сетей ОТС (ОТС-Ц) по сравнению с аналоговыми состоит в интеграции разных видов ОТС в одной системе ОТС. С помощью оборудования одного типа организуются различные виды оперативной связи: диспетчерские (проводная и радиопроводная), постанционная, МЖС, ПГС, СРС, стрелочная, а также парковая связь.

На сети ОТС-Ц применяется основное оборудование следующих видов: цифровые коммутационные станции, мультиплексоры доступа (гибкие мультиплексоры), пульта оперативной связи (ПОС), телефонные аппараты разного назначения и радиостанции поездной связи. Как будет видно в дальнейшем, коммутационные станции являются обязательным оборудованием ОТС-Ц, а мультиплексоры доступа требуются только на участках с аналоговыми устройствами ОТС, такими как промежуточные пункты, коммутаторы технологической связи, радиостанции, включаемые в аналоговые групповые каналы.

В зависимости от назначения коммутационные станции (КС) могут быть: распорядительные (КС-Р), в которые включаются только пульта руководителей; распорядительно-исполнительные (КС-РИ), в которые включаются пульта руководителей и исполнителей; исполнительные (КС-И), в которые включаются только пульта исполнителей.

В качестве примера ОТС-Ц можно привести комплекс аппаратуры ОТС – ДСС. Комплекс аппаратуры может быть использован во всех пунктах цифровой сети ОТС, а также на участках с аналоговой аппаратурой ОТС. Структура комплекса аппаратуры ОТС-ДСС приведена на рис.3. Комплекс аппаратуры ОТС-ДСС состоит из устройства коммутации (УК), мультиплексора выделения и транзита каналов (МВТК-2 или ВТК-12), устройства управления, коммутации и синхронизации (УКС) и оборудования гарантированного электропитания (ОГЭП). В комплекс ОТС-ДСС входит также аппаратура связи совещаний АСС-Ц-ДСС. Совместно с оборудованием ОТС-ДСС может также применяться цифровая АТС «Оникс», предназначенная для организации ОБТС.

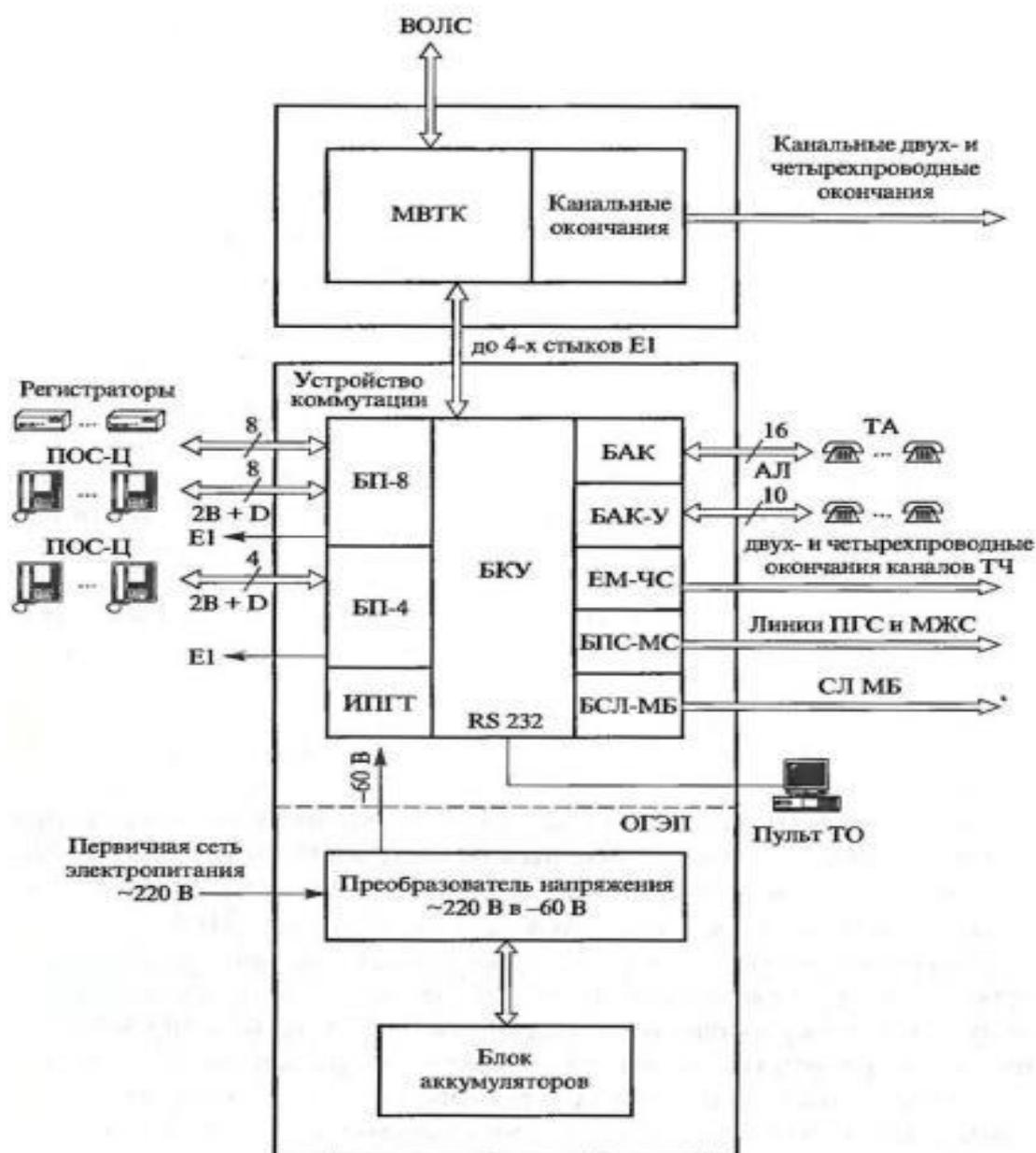


Рис.1.3. Структурная схема комплекса аппаратуры ОТС-ДСС.

2.ОБЗОР МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ

2.1.Аналоговые мультиплексоры

Мультиплексор — устройство, имеющее несколько сигнальных входов, один или более управляющих входов и один выход. Мультиплексор позволяет передавать сигнал с одного из входов на выход; при этом выбор желаемого входа осуществляется подачей соответствующей комбинации управляющих

сигналов. Аналоговые мультиплексоры иногда называют ключами или коммутаторами. Хорошим применением ключей на полевых транзисторах являются мультиплексоры - схемы, которые позволяют выбрать один из нескольких входов по указанию управляющего цифрового сигнала. Такие устройства входят в состав систем сбора данных микропроцессорных регуляторов промышленных и транспортных объектов. Аналоговый сигнал с выбранного входа будет прямо проходить на выход. На рис. 5 в качестве примера показана функциональная схема аналогового мультиплексора из четырех направлений в одно.

Каждый из ключей от S0 до S3 представляет собой аналоговый КМОП-ключ. Дешифратор декодирует адрес, представленный в двоичном коде и включает только адресованный ключ, блокируя остальные. Вход разрешения E необходим для наращивания числа коммутируемых источников сигналов; если на этот вход поступает сигнал низкого уровня, то, независимо от состояния адресных входов, все ключи мультиплексора разомкнуты. Так как аналоговые ключи являются двунаправленными устройствами, аналоговый мультиплексор является одновременно и "демультиплексором", т.е. сигнал может быть подан на вход мультиплексора и снят с избранного выхода. Мультиплексорами являются устройства, относящиеся к электронным переключателям, назначение которых - коммутация электрических цепей. Под термином «мультиплексирование» понимается процесс передачи данных от нескольких источников к приемнику по одному общему каналу, а устройство, осуществляющее на передающей стороне операцию сведения данных на один общий канал, называют мультиплексором. Различают два вида мультиплексоров: цифровые и аналоговые. Цифровые мультиплексоры предназначены для коммутации только электрических цепей с дискретными сигналами. Название «аналоговый» мультиплексор устройства

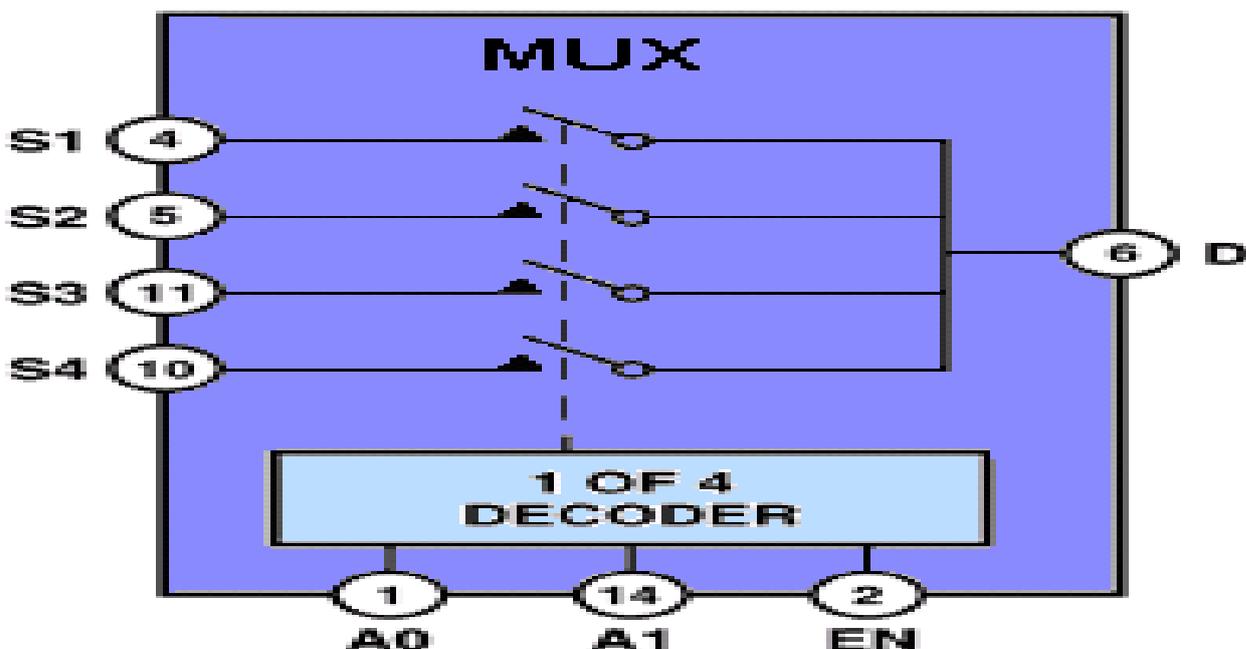


Рис.2.1.Мультиплексор

второго вида получили за свою уникальную способность коммутировать электрические цепи, по которым распространяются любого рода сигналы, включая и аналоговые.

Выводы аналогового мультиплексора и их функциональное назначение соответствуют аналогичным выводам цифрового мультиплексора. Он также содержит ряд информационных входов S_1, \dots, S_4 и один информационный выход D , адресные входы A_0 и A_1 , посредством которых выбирается требуемый номер коммутируемого информационного канала. Дополнительно имеется вход разрешения EN (активизации) мультиплексора, который предоставляет возможность соединения выходов мультиплексоров по схеме "монтажное ИЛИ".

Другим уникальным свойством аналогового мультиплексора, в отличие от цифрового, является обратимость информационных каналов. Это свойство позволяет использовать его в качестве демultipлексора. В режиме демultipлексора выход D и входы S_1, \dots, S_4 меняют свои функциональные назначения на противоположные, но алгоритмы управления по адресным входам A_0, A_1 и входу разрешения EN остаются неизменными.

Как и для любого подобного типа электронных устройств к аналоговым мультиплексорам предъявляются соответствующие требования, основные из которых заключаются в следующем:

- обеспечение минимального сопротивления информационного канала в замкнутом положении и максимального сопротивления канала в разомкнутом положении;
- обеспечение высокого быстродействия, т.е. минимальных временных интервалов t_{on} (включение) и t_{off} (выключение) при подаче сигнала управления на вход EN, а также интервала t_{trans} , характеризующего время переключения с одного канала на другой при изменении кода адреса;
- потребление минимальной мощности от источника питания;
- неизменность электрических и временных параметров в рабочем интервале температур.

2.2.Цифровые мультиплексоры

Цифровой мультиплексор не образует прямого электрического соединения между входом и выходом, а лишь «копирует» на выход логический уровень ('0' или '1') с входа.

Сетевое устройство, обеспечивающее работу двух процессов одновременно соединение и кросс коннект протоколов, интерфейсов и разнообразных информационных потоков, называется - гибкий мультиплексор. Большой выбор интерфейсов и протоколов, удобство в использования и конфигурирования дали данному виду мультиплексоров название – гибкие.

Гибкие мультиплексоры работают как с медными проводами, так и с оптическими линиями связи.

Одним из подвидов гибких мультиплексоров являются первичные мультиплексоры. Работа первичных мультиплексоров заключается в выработывании первичных цифровых потоков E1, со скоростью 2048 Кбит/с, образование которых происходит из аналоговых сигналов от 1 до 31 соединительных линий АТС, телефонных каналов «прямых» абонентов или выходов в цифре систем передачи данных широким сочетанием. Первичный мультиплексор применяется как оборудование абонентского доступа в сетях связи всевозможного назначения. В качестве примера можно привести программируемый мультиплексор выделения и транзита каналов МВТК.

Программируемый мультиплексор выделения и транзита каналов МВТК – многофункциональная каналообразующая аппаратура (с гибким конфигурированием) первичной цифровой системы передачи по волоконно-оптическим кабелям для сети ОТС на железнодорожных линиях и метрополитене. Аппаратура МВТК обеспечивает передачу и прием двух групповых потоков по одномодовому и многомодовому волоконно-оптическим кабелям на длину волны 1550 нм и 1300 нм; образование различных аналоговых и цифровых канальных интерфейсов; выделение части каналов из первичного цифрового потока 2048 Кбит/с (с цифровым транзитом остальных каналов); формирование резервного оптического канала для работы в конфигурации (1+1); служебную связь между станциями вдоль линейного тракта; организацию 30каналов конференцсвязи, а при установке дополнительных плат число конференц-каналов может быть доведено до 60; мониторинг состояния оборудования конечных и промежуточных станций, участков линейного тракта и качества передаваемой информации.

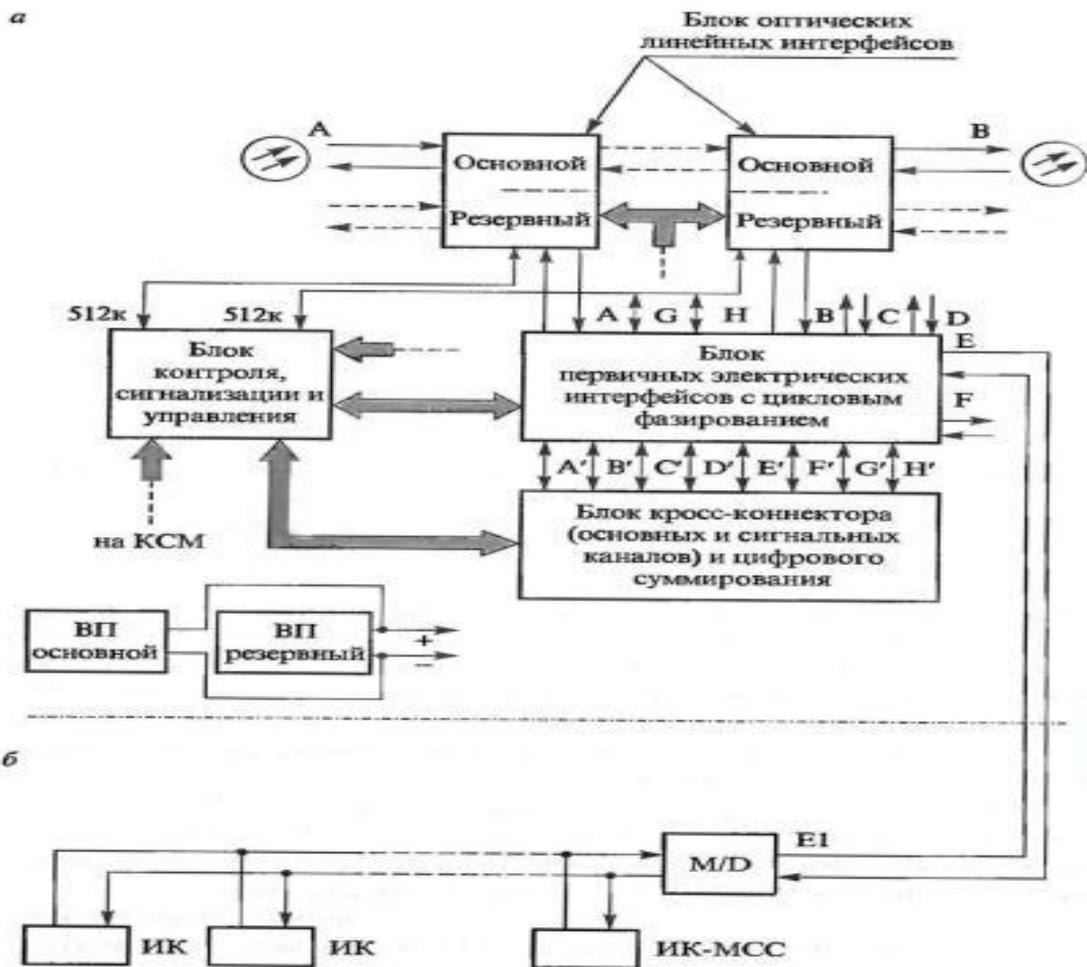


Рис.2.2. Структурная схема аппаратуры MBTK-2:

- а– мультиплексор цифровых потоков с коммутацией и суммированием;
- б– мультиплексор выделяемых каналов

2.3. Оптические мультиплексоры и демультиплексоры

Системы ВОЛС с многоволновым уплотнением — WDM, DWDM и CWDM были бы невозможны без устройств объединения пространственно разделенных оптических информационных потоков с X_1, X_2, \dots, X_n в один поток с общим направлением (на передаче) и устройств, выполняющих обратную операцию (на приеме). Эта задача решается с помощью мультиплексоров/демультиплексоров. Кроме систем ВОЛС с DWDM, мультиплексоры применяются в волоконно-

оптических усилителях, в локальных сетях при волновой маршрутизации и в некоторых других случаях.

По характеру решаемой задачи мультиплексоры можно разделить на два типа: мультиплексоры, объединяющие небольшое количество спектральных каналов (не более 4-х) при расстоянии между каналами по длине волны от долей до сотен нм; и мультиплексоры, объединяющие количество спектральных каналов более 8-ми: 8, 16, 32, 40 — до 160 и более при расстоянии между каналами (частотный интервал или шаг) по длине волны от 0,4 нм до 0,08—0,04 нм.

По принципам работы, устройству и технологии изготовления оптические мультиплексоры также можно разделить на два типа: оптические мультиплексоры (ОМ), основанные на использовании дифракционных решеток, и ОМ, работа которых основана на свойствах и характеристиках многослойных оптических интерференционных покрытий — интерференционных фильтров.

В высокоскоростных системах ВОЛС с DWDM применяются оптические мультиплексоры, основанные на использовании дифракционных фазовых решеток. В качестве дифракционной фазовой решетки в таком мультиплексоре (МП) применена ее разновидность — эшелон Майкельсона. Классический эшелон Майкельсона представляет собой сложенные одна на другую строго параллельные пластины разной длины L , но разность AL должна быть постоянной. Сложенные пластины образуют единую прозрачную призму, одна грань которой плоская, противоположная — ступенчатая с одинаковыми ступеньками. Пройдя через всю призму, лучи на указанных ступеньках дифрагируют. Угол дифракции зависит от длины волны (при постоянных размерах ступенек). В мультиплексорах для волоконно-оптических систем функции пластин в эшелоне Майкельсона выполняют оптические волноводы (планарные или волоконные). Мультиплексоры, использующие фазовые решетки, получили название волноводных спектральных мультиплексоров (ВСМ) или волноводных спектральных анализаторов (ВСА). На рис. 5 изображен волноводный (волоконный) вариант эшелона Майкельсона.

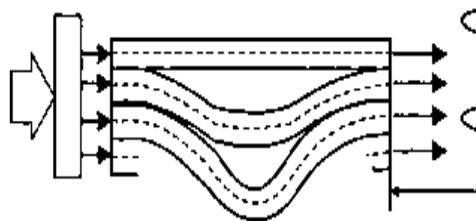


Рис.2.3. Волноводный вариант эшелона Майкельсона.

Из рисунка видно, что каждый поток должен падать на все торцы волноводов.

Для этого применяются специальные оптические элементы, коллимирующие или фокусирующие оптический поток. На рис. 6 показано устройство мультиплексора.

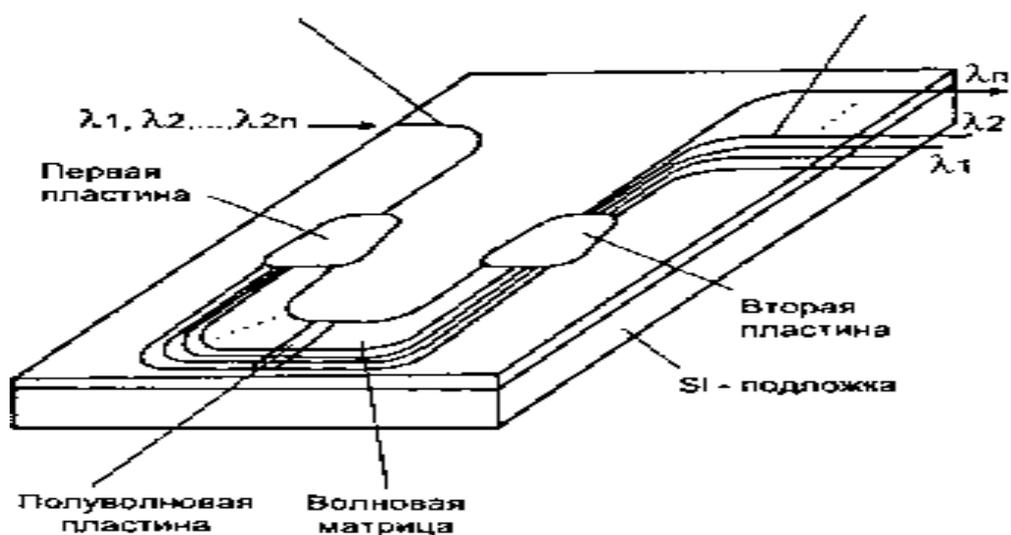


Рис.2.4. Схема устройства волноводного мультиплексора

Оптический поток, представляющий собой сумму отдельных потоков на $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$, поступает на коллимирующий элемент (первая пластина), в которой происходит распределение энергии на все торцы волноводов, образующих волновую матрицу (эшелон Майкельсона). С его выхода поток подается на вторую пластину, распределяющую отдельные потоки, каждый на своей длине волны $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$, на торцы соответствующих волокон. Все перечисленные элементы расположены на кварцевой подложке. Как видно из рисунка, в таком мультиплексоре потери энергии происходят при вводе или

выводе излучения в волноводную пластину (1-ю и 2-ю) в месте стыка этих пластин с волновой матрицей, в изгибах волноводов, составляющих эту матрицу. Из рисунка и описания работы ВСМ понятно, что это устройство обладает свойством обратимости, или взаимности, т. е. одно и то же устройство может выполнять функцию объединения пространственно разделенных потоков с длинами волн $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ в один поток (мультиплексор) или наоборот — функцию пространственного разделения единого оптического потока на отдельные потоки с соответствующими длинами волн.

2.4. Современные оптические мультиплексоры.

Современные оптические мультиплексоры и демультиплексоры (MUX) применяются в оптических системах связи со спектральным уплотнением каналов (с одновременной передачей по оптоволокну сигналов с различными длинами волн – WDM-systems), кроме того они применяются в волоконно-оптических усилителях, в локальных сетях при волновой маршрутизации. Каждый лазерный передатчик в системе WDM выдает сигнал на одной из заданных частот. Все эти сигналы (каналы) необходимо мультиплексировать (объединить друг с другом) в единый составной сигнал. Устройство, которое выполняет эту функцию, называется оптическим мультиплексором MUX (или OM). Аналогичное устройство на другом конце линии связи разделяет составной сигнал на отдельные каналы и называется оптическим демультиплексором DEMUX (или OD). В отличие от систем временного мультиплексирования (TDM), в которых подобные операции уплотнения каналов происходят во временной области, и основное внимание уделяется точности синхронизации приемника и передатчика, в системах WDM мультиплексированию и демультиплексированию подвергаются спектральные компоненты отдельных сигналов, характеристики которых всегда известны заранее.

Существуют три типа мультиплексоров WDM:

- 1) Обычные (CDWM)

2) Плотные (DWDM)

3) Высокочлотные (HDWDM)

Системы WDM с частотным интервалом между каналами не менее 200ГГц, позволяют мультиплексировать не более 16 каналов.

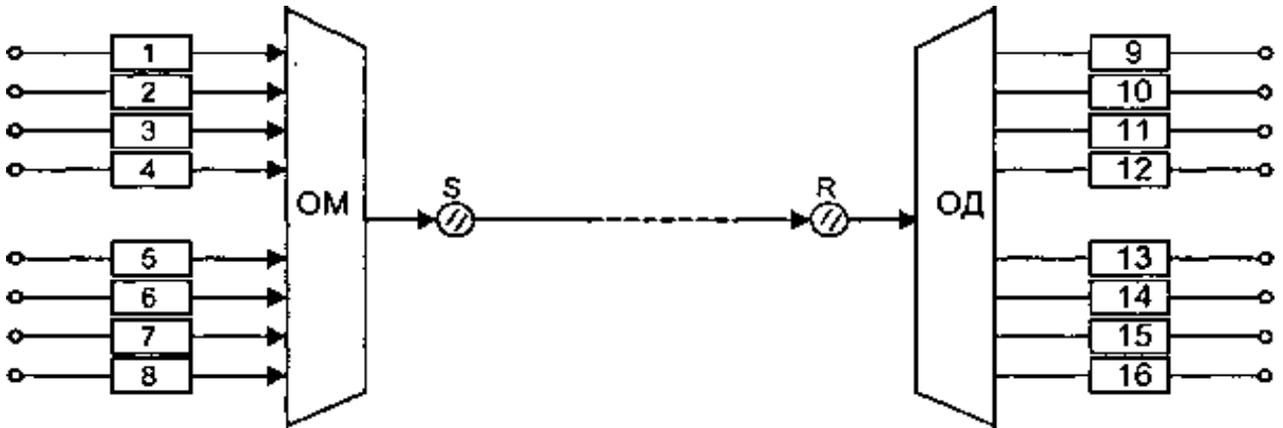


Рис.2.5.Пример включения с мультиплексорами WDM

DWDM с частотным каналом не менее 100ГГц, позволяют мультиплексировать не более 64 каналов. В последнее время системы DWDM стали наиболее распространены и экономически привлекательны благодаря появлению оптических усилителей EDFA, которые обеспечивают непосредственное усиление оптических сигналов, без их преобразования в электрические сигналы и обратно. HDWDM с разносом каналов не более 50ГГц, позволяют мультиплексировать не менее 64 каналов.

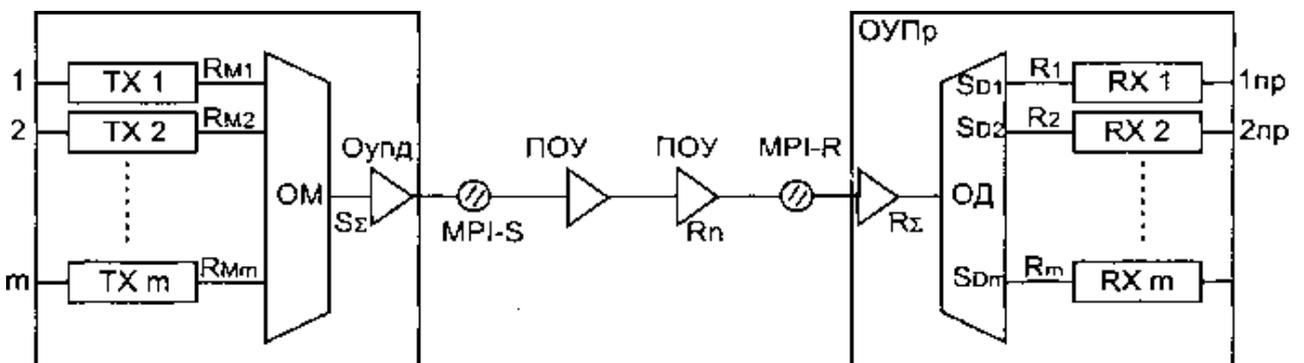


Рис.2.6.Пример включения с мультиплексорами DWDM

В настоящее время используются системы первого поколения мультиплексоры класса WDM для двух несущих: 1,31 мкм и 1,55 мкм. Оборудование WDM производят две группы производителей: традиционные компании (Alcatel, Ericsson, Lucent, NEC, Nokia, Pirelli, Siemens) и остальные - новые производители.

Разница в оборудовании между производителями в следующем:

- в дистанции, покрываемой системой в целом или числе используемых перекрытий в секции;
- в возможности организации кольцевых и ячеистых топологий;
- в возможности ввода и вывода каналов на транзитных узлах;
- в использовании отдельного оптического управляющего канала, а также специальной системы управления.

По характеру задачи мультиплексоры можно разделить на:

- 1) Объединяющие небольшое количество спектральных каналов (не более 4-ех) при расстоянии между каналами по длине волны более 20нм
- 2) Объединяющие 4, 8, 32 и более и более каналов при расстоянии между ними 0,4 – 1,6 нм.

Первый тип мультиплексоров основан на использовании интерференционных фильтров – пластин с многослойным покрытием. Толщина каждого слоя равна от 0,025 до 0,5. Мультиплексоры этого типа широко используются в волоконно-оптических усилителях и малоканальных системах ВОЛС с использованием CWDM.

В высокоскоростных системах ВОЛС с DWDM применяется второй тип оптических мультиплексоров, основанных на использовании дифракционных фазовых решеток. В качестве решетки в таком мультиплексоре применена ее разновидность – эшелон Майкельсона, представляющий собой сложенные одна на другую строго параллельные пластины разной длины. Сложенные пластины

образуют единую прозрачную призму, одна грань которой плоская, противоположная – ступенчатая с одинаковыми ступенями. Пройдя через всю призму, лучи на указанных ступенях дифрагируют. При этом угол дифракции зависит от длины волны. Мультиплексоры, использующие фазовые решетки получили название волноводных спектральных мультиплексоров (ВСМ) или волноводных спектральных анализаторов (ВСА). В таком мультиплексоре потери энергии происходит при вводе или выводе излучения в волноводную пластину, в месте стыка этих пластин с волновой матрицей, в изгибах волноводах, составляющих эту матрицу. Также это устройство обладает свойством обратимости, т.е. одно и то же устройство может выполнять функцию объединения пространственно разделенных потоков с разными длинами волн (мультиплексор) или наоборот - демультиплексор.

Кроме дифракционных решеток для мультиплексирования используются решетки на основе массива волноводов различной длины между двумя планарными линзами смесителями AWG (Arrayed Waveguide Gratings). Принцип работы такой решетки:

Входной сигнал, который содержит излучение разных длин волн, попадает во входной разветвитель. Там он расщепляется на N оптических лучей, каждый из которых попадает в отдельный волноводный канал. Все N волноводных каналов, образующих волноводную матрицу, имеют разную длину и вносят в сигнал разные фазовые сдвиги, зависящие от длины волны. После этого световые пучки из отдельных волноводных каналов вновь объединяются в выходном разветвителе и интерферируют таким образом, что излучение разных длин волн попадает в разные выходные волноводы.

Решетки на основе массива волноводов AWG используются для того, чтобы перераспределять сигналы различных длин волн (каналы) между двумя наборами волокон (рис. 19) или выделить (демультиплексировать) отдельные каналы составного сигнала в отдельные волокна. Эта технология сейчас становится основной для производителей мультиплексоров и

демультиплексоров систем DWDM. Благодаря легко масштабируемой структуре, она может широко применяться в системах с сотнями каналов.

Известно также каскадное мультиплексирующее устройство, в котором оптический блок определяет зигзагообразный оптический тракт со множеством точек отражения, а выделение необходимых длин волн осуществляется интерференционными фильтрующими элементами Фабри-Перо. Такое устройство маршрутизации оптических сигналов в зависимости от длин волн также имеет весьма сложную конструкцию и ограничения по количеству длин волн.

Наиболее близким к предлагаемому является мультиплексор и демультиплексор многократного отражения, содержащий общий тракт для передачи нескольких сигналов различных длин волн, расщепитель пучка в виде отражательного пакета, имеющего множество перекрывающихся частично отражающих поверхностей, и несколько отдельных трактов для отдельной передачи сигналов различных длин волн.

Другой тип оптических мультиплексоров основан на использовании многослойных интерференционных покрытий с заданными спектральными характеристиками. На рис. 2.7. представлена схема устройства и работы ИОМ.

На тонкой кварцевой пластине толщиной 1—2 мм нанесены методом напыления многослойные покрытия — оптические интерференционные фильтры ОФ1...ОФт. Они нанесены на обеих сторонах пластины с определенным шагом и смещением по отношению к другой стороне. Оптический групповой сигнал DWDM с длинами волн $X_x...X_T$ в оптическом волокне ОВ1 направляется на левую сторону пластины и через нее направляется на ОФ1. Как видно из рисунка, оси волокон ОВ1, ОВ2, ОВт наклонены к плоскости пластины под определенными углами. Оптический интерфильтр ОФ1 рассчитан и выполнен так, чтобы через него проходила только длина волны X_b , остальная часть потока с длинами волн $X_2...X_T$ отражается и падает на покрытие ОФ2 на противоположной, внутренней стороне, пластины.

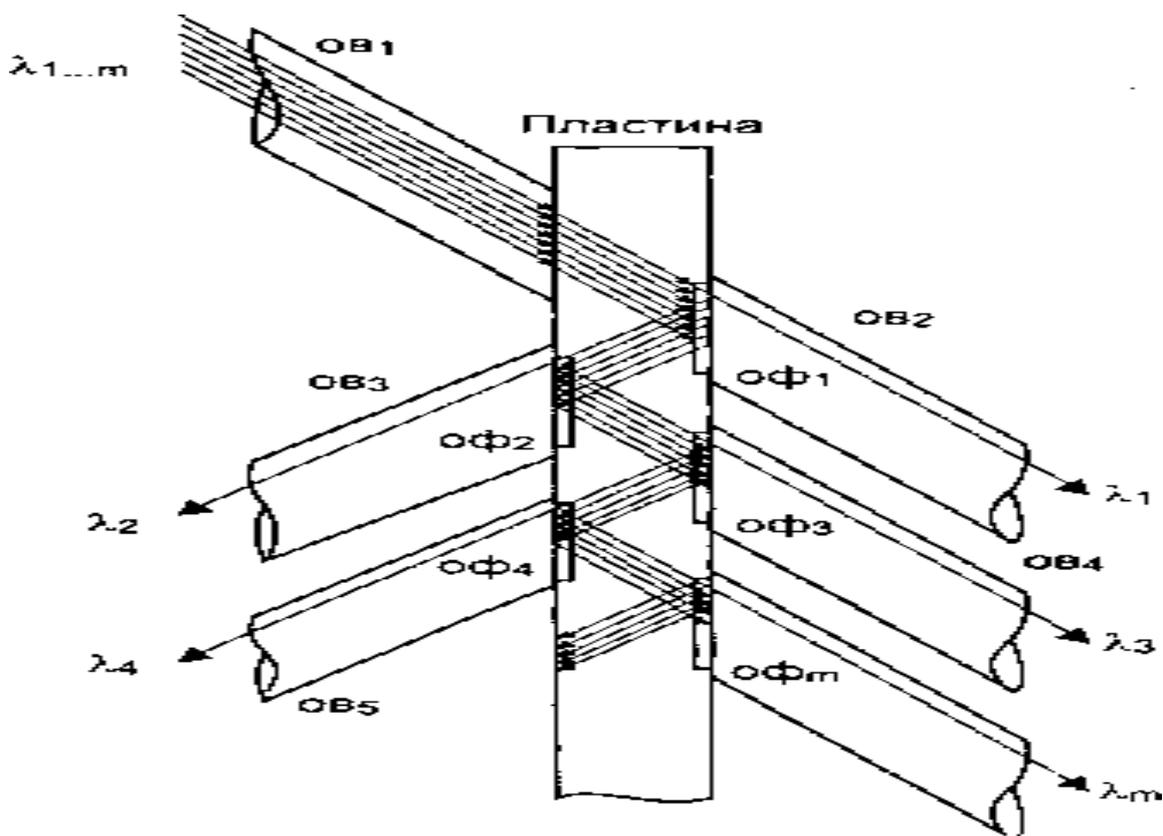


Рис.2.7.Схема устройства интерференционных мультиплексоров ИОМ

Этот фильтр ОФ2 пропускает только X_b , остальную часть потока с $X_b \dots X_r$ отражает в сторону ОФ3, который пропускает только X_3 и т. д. Согласно работе [139], коэффициент отражения таких покрытий $K_{отр} = 0,99$, коэффициент пропускания — $K_{пр} = 0,98$, полоса пропускаемых частот $\Delta\nu * 24 \text{ ГГц}$, спад частотной характеристики за пределами полосы пропускания на уровне -20 дБ равен $< -60 \text{ дБ}$. Мультиплексоры этого типа отличаются почти полным отсутствием кумулятивной помехи, а величина перекрестной помехи по соседнему каналу составляет величину менее -60 дБ (по уровню -20 дБ). Это одно из достоинств ИОМ по сравнению с ОМ решеточного типа. Второе, не менее важное их достоинство — слабая зависимость спектральных параметров, не требующая жесткой температурной стабилизации. Основной недостаток ИОМ — сильная зависимость вносимых потерь в канале от числа каналов. При мультиплексировании до 10 спектральных каналов вносимые потери от сотых долей дБ в первых каналах возрастают до $(0,97 * 0,98)^{10} = 0,74$ или 1,3 дБ. При

увеличении количества спектральных каналов до 32 потери возрастают до 4,2 дБ, до 40 — 5,3 дБ. Вторым недостатком ИОМ — сложность технологии изготовления и связанная с этим высокая стоимость. Сегодня в мире существуют 2—3 фирмы, обладающие этими технологиями. Одна из них — компания ONP (Канада) производит ОМ интерференционного типа: V5017 — Q9603 — K822. Она выпускает ИОМ на десять спектральных каналов. Эти мультиплексоры обладают следующими параметрами: вносимые потери ~4 дБ, перекрестные помехи по смежным каналам -50 дБ, кумулятивная перекрестная помеха -60 (-63) дБ.

Дальнейшее наращивание числа уплотняемых спектральных каналов осуществляется с помощью каскадного включения мультиплексоров согласно работе для передачи большого количества спектральных каналов — более 40, оптимальным является каскадное соединение ОМ обоих типов: решеточных ОМ и ИОМ. Благодаря каскадному включению был создан крупномасштабный оптический мультиплексор (ВСМ) на 320 спектральных каналов с шагом 10 ГГц и 3-каскадный ОМ ВСМ на 480 спектральных каналов также с частотным шагом. В настоящее время ведутся интенсивные разработки ОМ других типов, в частности, на основе фотонных кристаллов.

Рассмотрим некоторые характеристики промышленных систем WDM:

- Тип системы – дуплексные (D) и полудуплексные (S).
- Код. Широко используются два типа линейного кодирования: NRZ и RZ. NRZ позволяет реализовать большую плотность эквивалентных бит на секундный интервал.
- Число каналов ввода-вывода. Реализуют ввод и вывод оптический трибов, участвующих в схеме первичного мультиплексирования.
- Пролеты, секции, дистанция – общая дистанция, на которую могут быть переданы данные, определяется длиной пролета, числом пролетов в секции, числом секций. Где пролет – это расстояние между мультиплексором и линейным усилителем.

- Скорость входных данных, тип поддерживаемого логического интерфейса, т.е. указание границы скоростей, которые определяются поддержкой некоторого логического интерфейса. Например, если в типах интерфейса указан символ E, значит система WDM может стыковаться с сетью Ethernet, а если указано FE, допустима стыковка с сетью Fast Ethernet.

- Допуск – указывает, какую максимальную накопленную на длине одной секции дисперсию система WDM способна преодолеть без потери качества сигнала, определяемого уровнем ошибок системы. Эта величина используется для проверки системы перекрыть определенное расстояние. С этой целью, зная конкретный тип волокна и соответствующий ему дисперсионный параметр, проводится расчет фактического допуска.

- Канал управления, т.е. оптический канал супервизорного управления, который организует на дополнительной оптической несущей, которая обычно лежит за пределами занимаемой полосы.

- Управление – имеется в виду управление системой в целом, включая управления мультиплексорами или оборудованием сети, с которой стыкуется аппаратура WDM.

Следует добавить такие характеристики оптических мультиплексоров, как: оптические потери в каждом канале, величина переходного затухания, уровень обратного

рассеяния, уровень вносимых поляризационных искажений. Диапазон

рабочих длин волн и величина разноса спектральных несущих также

являются важными параметрами MUX. В наиболее освоенных сегодня

WDM-системах число рабочих каналов обычно составляет 2, 4 или 6, разнос

длин волн несущих – несколько единиц нм, оптические потери в каналах 0.5

– 2 дБ (следует отметить, что теоретически потери в спектрально-селективных разветвителях, в отличие от широкополосных, могут приближаться к нулю).

В разрабатываемых «плотных» DWDM-системах спектрального уплотнения

число рабочих каналов – несколько десятков (до 30 и более), разнос частот несущих несколько единиц-десятков ГГц, оптические потери в канале на уровне 1 дБ.

При разработке систем WDM высокие требования предъявляются не только к стабильности частоты излучения, но и к стабильности частотных характеристик селективных оптических элементов (например, величина температурной зависимости ухода настройки частоты). Если температура мультиплексора изменяется более чем на 20°C, его частота уйдет на 0,2..0,4, что приведет к срыву работы системы WDM.

Для устранения этого недостатка оптические мультиплексоры содержат элементы стабилизации температуры, по способу ее стабилизации они бывают:

- «Горячие» - содержащие нагреватель, который поддерживает температуру 100°C с точностью 1°C.

- «Холодные» - где микрохолодильник поддерживает на уровне 25°C (элемент Пельтье).

Таким образом, хоть мультиплексор функционально – пассивный элемент, для нормальной работы требует электрического питания.

3. РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЧАСТКА КУНГРАД-ХОДЖЕЙЛИ-НУКУС НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ

3.1. Анализ ОТС на участке Кунград-Нукус

Кунградская дистанция сигнализации и связи (ШЧ-11) имеет в своем подчинении пять домов связи, которые расположены на станциях Нукус, Ходжейли, Кунград, Жаслык, Каракалпакстан. Между домами связи Кунград и Нукус нет прямых каналов, они соединяются между собой через дом связи Ходжейли. Организация происходит по воздушным каналам связи с помощью аппаратуры частотного уплотнения В-12 и В-3-3. Оперативно-технологическая

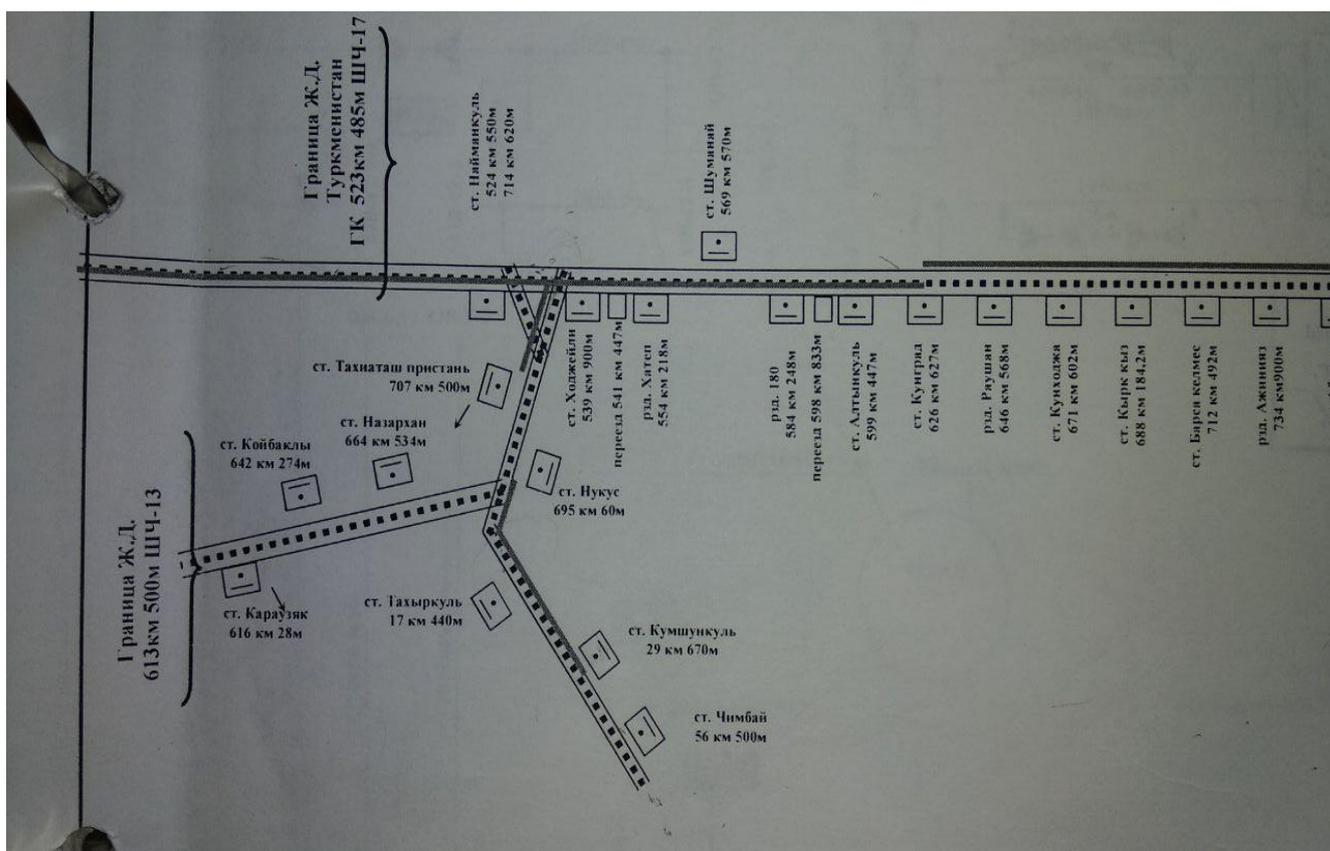


Рис.3.1. Карта расположения станций и разъездов Кунградской дистанции сигнализации и связи

связь организуется с помощью комплектов аппаратуры станционной связи КАСС.

. Аппаратура В-12 предназначена для уплотнения воздушных цветных двухпроводных цепей с проводами диаметром 3,5—4 мм и рассчитана для совместной работы с аппаратурой В-3-3. Это дает возможность осуществлять по одной общей паре проводов 16 одновременных телефонных разговоров.

В одном направлении передачи используется диапазон частот от 36 до 84 кГц (нижняя группа частот), в обратном — от 92 до 143 кГц (верхняя группа частот).

При уплотнении нескольких параллельных цепей, расположенных на общей столбовой линии, применяют аппаратуру с различными, не совпадающими между собой линейными спектрами. Этим снижаются возможные взаимные помехи между телефонными каналами параллельных цепей. Для аппаратуры В-12 предусмотрены четыре варианта линейного спектра. В индивидуальную часть аппаратуры В-12 входит стандартный 12-канальный блок, преобразующий тональные спектры всех 12 разговорных каналов в спектр высоких частот, занимающий диапазон от 60 до 108 кГц. Спектр состоит из 12 нижних боковых полос с несущими частотами от 64 до 108 кГц с интервалами между ними 4 кГц. Для выделения боковых полос в индивидуальных преобразователях 12-канального блока применены полосовые кварцевые фильтры с крутыми частотными характеристиками затухания. Преобразование этого спектра в передаваемый по линии линейный спектр (36—84 или 92—143 кГц) и обратно происходит в групповых преобразователях частоты. Поэтому в аппаратуре В-12 две ступени преобразования. Индивидуальные преобразователи 12-канального блока (модуляторы и демодуляторы — модемы) собраны на полупроводниковых диодах, включенных по мостиковой схеме, а групповые преобразователи — на диодах, включенных по кольцевой схеме. В усилителях применена отрицательная обратная связь, благодаря чему возможность возникновения в них частотно-амплитудных и фазовых искажений сведена к минимуму. Кроме того, этим достигнуто высокое постоянство усиления усилителей при изменении напряжения источников питания, а уровень внутренних шумов доведен до минимума.

Питание блоков аппаратуры токами несущих и контрольных частот производится от генераторного оборудования, рассчитанного на десять систем. Несущие частоты для индивидуальных преобразователей частоты 12-

канального блока при любом варианте всегда одни и те же, а для групповых преобразователей — различны в зависимости от выбранного варианта линейного спектра.

Автоматическая регулировка усиления в системе В-12 применена двухчастотная электромеханическая. В линию передаются контрольные частоты 80 и 40 кГц в направлении Б—А и 92 и 143 кГц в направлении А—Б. Первые из этих частот управляют плоской, а вторые — наклонной регулировкой усиления усилителей. Для получения плавности регулировки включены конденсаторы переменной емкости, причем для осуществления наклонной регулировки включаются специальные выравнивающие контуры. Ротор конденсатора вращается от электродвигателя, управляемого релейной схемой, подключенной к приемнику контрольного канала.

Аппаратура КАСС-6 предназначена для организации связи на промежуточных железнодорожных станциях участков, оборудованных диспетчерской централизацией ДЦ, на которых нет постоянных дежурных по станции ДСП, а обязанности их выполняет начальник станции (ДС). КАСС-6 можно использовать на малых станциях участков без ДЦ. Аппаратура обеспечивает вызов и переговоры с линейными пунктами и служебными квартирами, громкоговорящий прием и передачу разговора. КАСС-6 позволяет включить шесть цепей избирательной связи (ПДС, ЭДС, ПС, СЭМ) и две ПДС. Пульт дежурного по станции (рис. 16.9) устанавливается на столе ДСП и имеет основание 1, панель управления и сигнализации 2, кожух 3, микрофон 4 и рычажный переключатель 5.

Внутри кожуха на основании размещаются переговорно-вызывные устройства, звонок, два трансформатора перегонной связи, релейная плата и зуммер.

Помимо аппаратуры КАСС-6, на промежуточных станциях для организации станционной связи используют аппаратуру КАСС-ДСП, которая обеспечивает подключение цепей избирательной связи, линий местной сети (АТС, РТС), связи с

КАСС и коммутаторами КСС На крупных станциях для обеспечения связью дежурных по горке, паркам и диспетчеризации цехов промышленных предприятий и строек применяют аппаратуру КАСС-ДСЦ, в которую можно включить до 74 комплектов связи Пульт ДСП устанавливается на столе, на его верхней откидывающейся крышке расположено рамочное поле и номеронабиратель, на внутренней стороне крепится звонок, размещаются коммутационные устройства и устройства для подключения внешнего усилителя громкоговорящей связи, микрофона, педали и кнопки.

На крупных и сортировочных станциях совместно с КАСС-ДСП, КАСС-ДСЦ и КСС применяют секции связи пульта-манипулятора СПМ-1, секцию связи, которая обеспечивает те же возможности, что и КАСС, с которыми она работает и дополнительно включает устройство парковой связи громкоговорящего оповещения СДПС или ПСГО и поездной радиосвязи

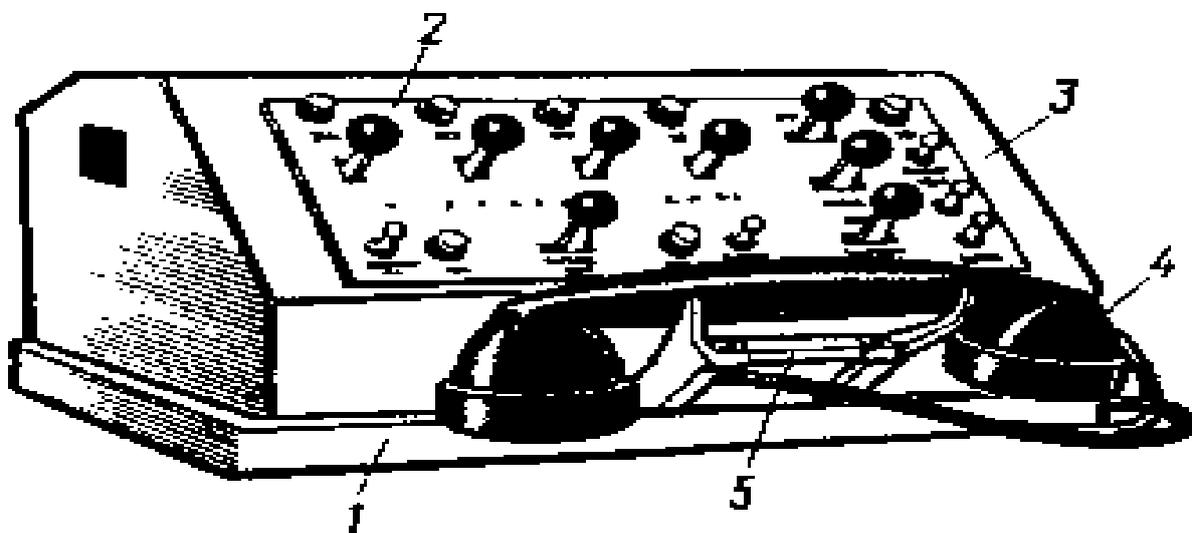


Рис.3.2. Пульт дежурного по станции аппаратуры КАСС-6.

Так же в каждом доме связи имеется аппаратура ПУ-4Д. Устройство ПУ-4Д предназначено для организации связи по проводным каналам тональной частоты, а также совместно с устройством ТУ-РС осуществляет управление стационарными радиостанциями.

В доме связи Кунград имеется цифровая аппаратура для связи с домом связи Ташкента по волоконно-оптической линии. Эта аппаратура называется IPFone –MCL ,что означает многофункциональный мультиплексор с возможностью гибкого конфигурирования.

Одним из основных устройств цифровой системы передачи IPFone-MCL является мультиплексор, собирающий 30, 60 или 120 коммутационных каналов с различными типами согласующих устройств и интерфейсов в цифровой поток (E1 или xDSL). Схемотехнически и конструктивно МП состоит из следующих модулей:

- модуль управления и контроля E1 устанавливается в базовый конструктив и может быть исполнен в двух вариантах: с блоком линейных трансформаторов (с ОЛТ) для организации линейного тракта с подачей ДП в линию; без блока линейных трансформаторов для организации линейного тракта на малые расстояния (внутри помещений) или при совместном использовании с внешним модемом xDSL;

- модуль управления и контроля xDSL устанавливается в базовый конструктив;

- модуль управления и контроля оптический устанавливается в базовый конструктив и имеет оптический интерфейс. Скорость цифрового потока от 2 Мбит/с до 155 Мбит/с и может быть исполнен в вариантах: оконечный, линейный режим, транзитный режим;

- модуль компрессии устанавливается в базовый крейт при использовании 60-ти аналоговых окончаний и в дополнительный крейт при использовании 120-ти аналоговых окончаний;

- модуль аналоговых окончаний. В зависимости от решаемой задачи и установленного оборудования в крейт может быть установлено от восьми до шестнадцати модулей, каждый из которых обслуживает до четырех аналоговых каналов;

- модуль цифровых окончаний. В крейт может быть установлено от восьми до шестнадцати модулей. Типы модулей (интерфейсы): С1-ТЧ - для телефонии; С1-ТГ (асинхронный) -для телеграфии (2 и 4-проводной); С1-ФЛ-БИ (синхронный, скорости

64, 32, 9,6, 4,8, 2,4, 1,2 Кбит/с) - для спецаппаратуры; С1-ФЛ-БИ (асинхронный, скорости 4,8, 2,4, 1,2 Кбит/с) - для спецаппаратуры; RS-232 и RS-485- для передачи данных;

- модуль выделения потока устанавливается в базовый конструктив. Позволяет произвести выделение цифровых потоков 128, 256, 512, 1024 Кбит/с;

- модем xDSL (линейный модуль) и НРП (регенератор) xDSL предназначены для организации связи большой протяженности между оконечным оборудованием по 2-х/4-х проводной физической линии (одна/две симметричные витые пары).

Мультиплексор IPFone-MCL имеет широкую номенклатуру канальных модулей для стыковки с различными видами оборудования: цифровыми терминалами, декадно-шаговыми АТС, координатными АТС (различных модификаций), электронными АТС и квазиэлектронными АТС, телефонными аппаратами прямых абонентов (организация гибкой сети абонентского выноса), организации 4-х проводных транзитов.

Мультиплексор предназначен для формирования первичного потока 2048 Кбит/с (Е1), потока 2 Мбит/с (xDSL) или оптического от 2 Мбит/с до 155 Мбит/с путем мультиплексирования каналов сформированных аналоговыми и цифровыми интерфейсами. При этом он может выполнять следующие функциональные задачи:

- мультиплексирования - объединения подчиненных каналов в первичную ИКМ-группу, имеющую скорость передачи 2048 Кбит/с (Е1), 2 Мбит/с (xDSL) или оптическую от 2 Мбит/с до 155 Мбит/с;

- мультиплексирование каналов, используя стандарты компрессии G.711 (64 Кбит/с), G.726 (32 Кбит/с), G.726 (16 Кбит/с);

- сопряжения сети пользователя с цифровой сетью передачи с помощью различных согласующих устройств.

Использование мультиплексора позволяет быстро адаптировать цифровую сеть передачи пользователя возникающим насущным требованиям. Мультиплексор характеризуется следующими существенными особенностями:

- возможностью назначать согласующим устройствам любые канальные интервалы в 2-мегабитном сигнале;
- возможностью выделения первичного 2Мбит потока из потока высшей иерархии;
- использованием различной компрессии каналов в зависимости от их назначения;
- высокой скоростью конфигурации и адаптивностью управления;
- возможностью ввода/вывода каналов и выделения цифровых потоков.

3.2.Выбор оборудования современной системы связи на данном участке

Для создания сети ОТС на данном участке будут необходимы следующие элементы:

- Мультиплексоры ввода-вывода (ADM);
- Оптические ответвители и разветвители;
- Оптические усилители;
- Лазерные диоды;
- Фотоприемники.

В качестве примера будем рассматривать мультиплексор OGM-30. Многофункциональный мультиплексор OGM-30 с возможностью гибкого конфигурирования предназначен для формирования первичных цифровых потоков со скоростью передачи 2048 кбит/с. Аппаратура может применяться на сельских, городских, ведомственных, внутризонавых и магистральных сетях связи в качестве:

- окончного мультиплексора;
- мультиплексора ввода/вывода;

- кроссировочного мультиплексора.

В режиме оконечного мультиплексора OGM-30 обеспечивает мультиплексирование до 30 аналоговых каналов и каналов передачи данных или 31 канал передачи данных. Платы аналоговых канальных интерфейсов обеспечивают подключение абонентских телефонных аппаратов, телефонных каналов связи между АТС с различными типами линейной сигнализации. Скорость передачи данных от 0,6 кбит/с до $n \times 64$ кбит/с. Вариант включения OGM-30 показан на рис. Применение OGM-30 для организации соединительных линий между аналоговой АТС и цифровой АТС с преобразованием сигнализации.

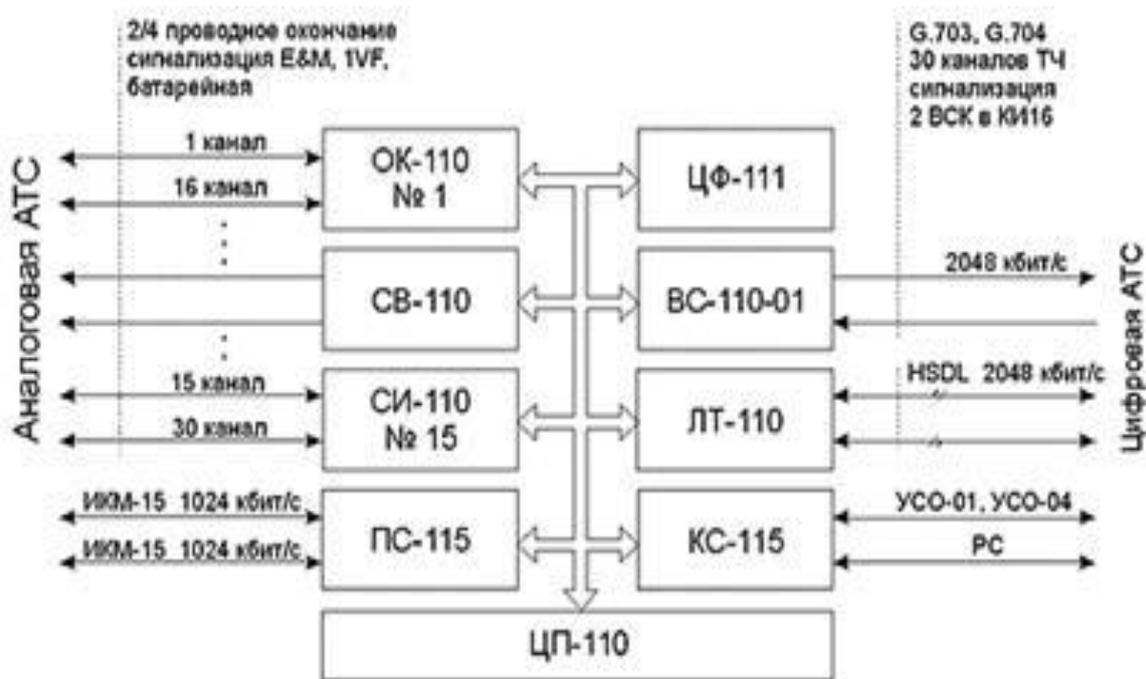


Рис.3.3. Режим оконечного мультиплексирования

В режиме работы мультиплексора ввода/вывода OGM-30 использует до 4 портов первичных цифровых потоков 2048 кбит/с. Мультиплексор имеет возможность ввести и вывести любые телефонные каналы в общем количестве до 30 с соответствующими сигнальными каналами или каналы передачи данных до 31 из любого первичного сигнала 2048 кбит/с. Присвоение номеров временным

интервалам и назначение направления передачи осуществляется программным способом.

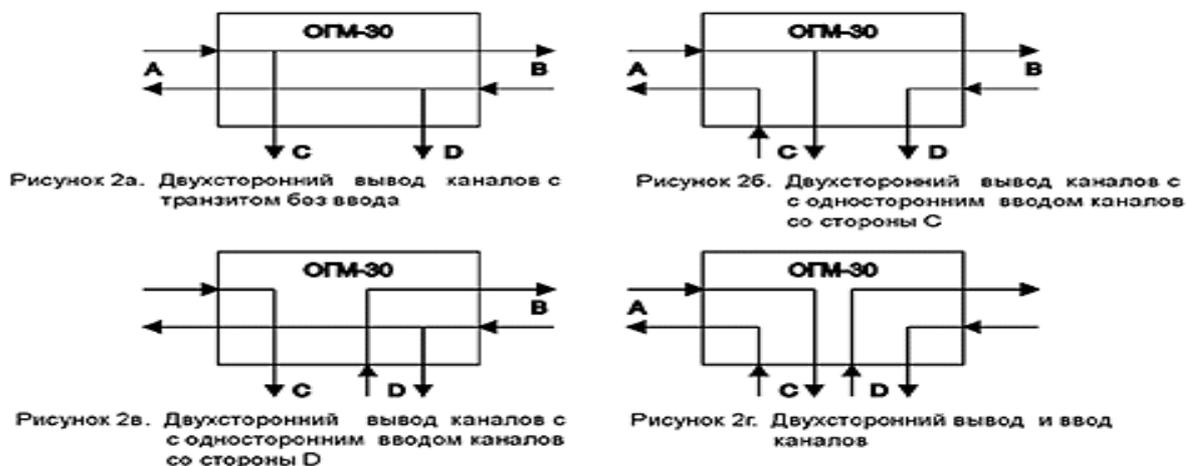


Рис.3.4 . Режим вводы – вывода

Аппаратура OGM-30 осуществляет функции кроссировки каналов 64 кбит/с в пределах четырех первичных цифровых потоков 2048 кбит/с. Одновременно возможно кроссирование сигнальных каналов. Конфигурация кроссирования производится на программном уровне.

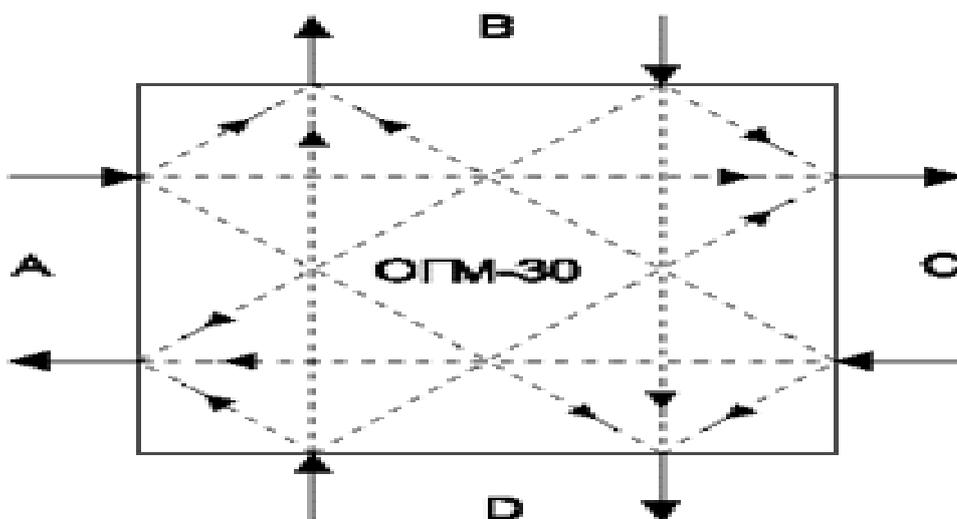


Рис.3.5 - Кроссировочный режим

Волоконно-оптические ответвители и в особенности разветвители, наряду с оптическими кабелями, являются основными элементами пассивных оптических сетей доступа (ПОС), получающих все большее применение. Это главный элемент древовидной топологии ПОС (точка — много точек). Ответвители по большей части применяются в системах и устройствах контроля параметров и управления оборудованием и систем ВОСП, а также в измерительных приборах для ВОСП, в особенности в оптических рефлектометрах. В соответствии с названием, оптические ответвители выполняют функцию ответвления части энергии светового потока с заданным коэффициентом ответвления. В волноводной технике (а оптическое волокно — это волновод оптического диапазона) ответвители называются направленными, потому что ответвление происходит только при распространении оптического излучения в прямом направлении. При распространении излучения в обратном направлении ответвления не происходит, хотя при этом в точке ответвления часть энергии теряется. В настоящее время существует два типа направленных ответвителей: ответвители X-типа и Y-типа. Широкое применение получили ответвители X-типа.

Ответвитель X-типа изготавливается из двух отрезков оптических волокон. На некоторой длине L у каждого из волокон сошлифовывается часть рабочей оболочки (или удаляется травлением), после чего оба волокна сплавляются с помощью сварочного аппарата. В результате такой технологической операции сердечники волокон располагаются параллельно на длине L . В зависимости от расстояния H между центрами сердечников OB и длины L между волноводами происходит взаимодействие, выражающееся в том, что на определенном расстоянии от точки A в направлении точки B энергия мод волновода $V1$ переходит в волновод $V2$, при дальнейшем распространении она возвращается в волновод $V1$. На некоторой промежуточной длине L мощность излучения распределяется поровну в обоих каналах. Величина L зависит от зазора H и от длины волны излучения. Наиболее часто ответвитель типа X выполняется для этого последнего случая, т. е. для режима деления входной мощности на две

равные части, хотя для устройств контроля изготавливают и такие X-ответвители, у которых коэффициент ответвления может составлять менее 10%.

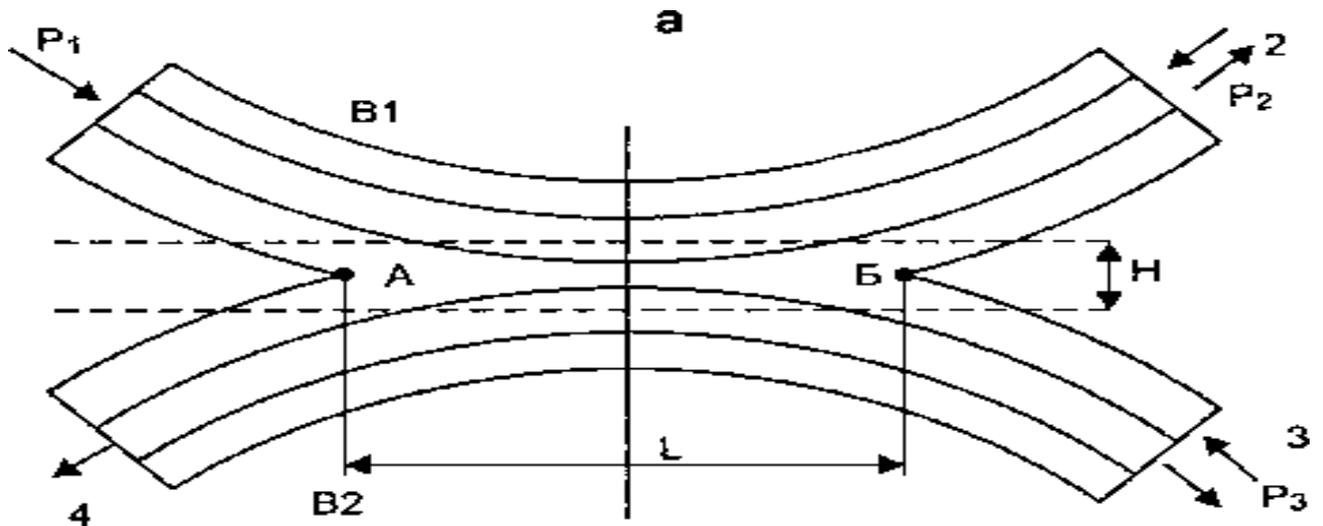


Рис.3.6. Ответвитель X-типа

Не менее широкое применение находит второй тип ответвителей — ответвитель типа Y.. Этот ответвитель в подавляющем большинстве случаев используется как делитель мощности на две части (которые могут быть не равными), поэтому он чаще называется разветвителем. Этот тип разветвителя является базовым для изготовления многоканальных матричных разветвителей и различных интерферометров.

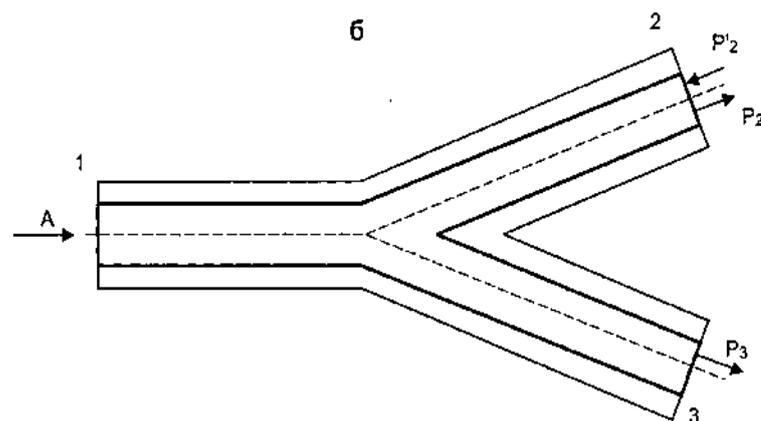


Рис.3.7. Ответвитель Y-типа

Примером использования Y-разветвителей может служить волоконно-оптический блок (ВОБ). Блок предназначен для ввода-вывода оптических сигналов в локальных сетях связи.

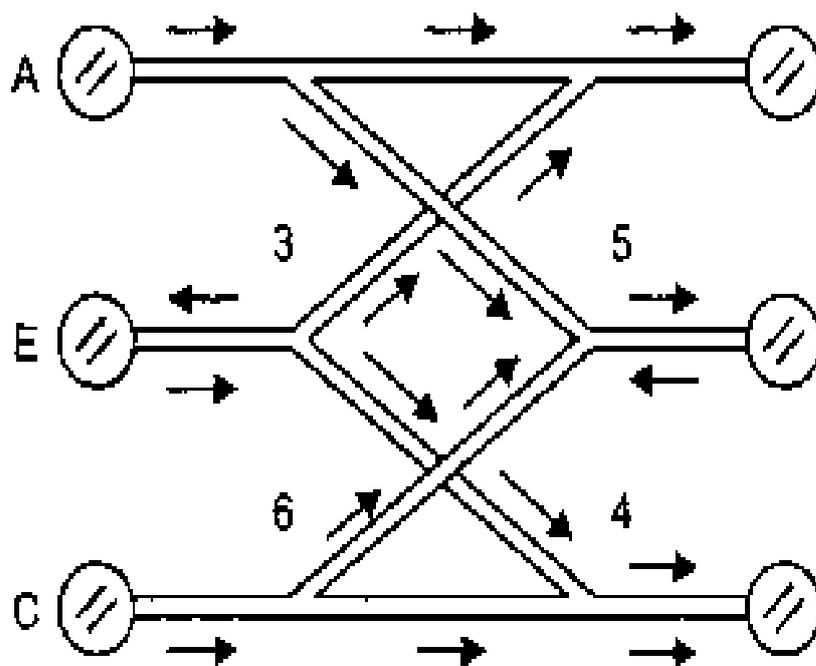


Рис.3.8.Схема волоконно-оптического блока (ВОБ)

Из схемы видно, что блок состоит из шести соединенных между собой разветвителей Y-типа. Стрелками показаны пути оптических сигналов.

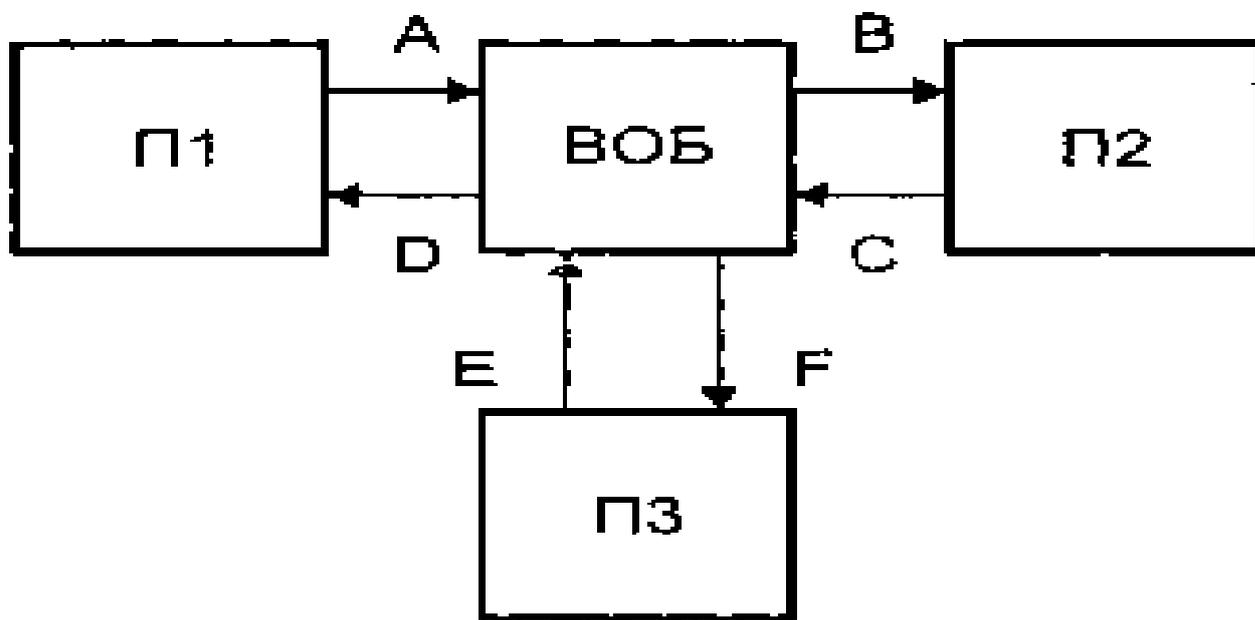


Рис.3.9 .Схема включения ВОБ сеть

На рис.3.9 показана схема включения блока в локальной сети. Из пункта П сигнал поступает на вход А блока ВОБ и вводится при этом в общее плечо

разветвителя 1. Одно из его боковых плеч является также и боковым плечом разветвителя 2, общее плечо которого соединено с выходом блока В. Второе боковое плечо разветвителя 1 является также боковым плечом разветвителя 5, а второе боковое плечо разветвителя №2 - боковым плечом разветвителя 6. Разветвители 3 и 4 соединены в соответствии со схемой аналогично разветвителя 1 и 2. Потери энергии в блоке при передаче сигналов из входа А ко входу В и F, а также аналогичные переходы между остальными портами не превышают 6,5 дБ.

Описанный блок (ВОб) может быть успешно использован для ввода/вывода информации в оптических сетях с применением технологии спектрального уплотнения. В ряде случаев он может заменить сложный и дорогой, требующий электропитания оптический мультиплексор/демультиплексор в пунктах ввода/вывода информации.

Волоконно-оптический усилитель на оптическом волокне, легированном ионами эрбия. Применяется в волоконно-оптических линиях передачи для восстановления уровня оптического сигнала. Преимуществом эрбиевых усилителей является отсутствие преобразования в электрический сигнал, возможность одновременного усиления сигналов с разными длинами волн (что обуславливает возможность усиления спектрально-мультиплексированного сигнала), практически точное соответствие рабочего диапазона эрбиевых усилителей области минимальных оптических потерь световодов на основе кварцевого стекла, сравнительно низкий уровень шума и простота включения в волоконно-оптическую систему.

Относительно мощный пучок света, называемый лучом накачки, смешивается с входным сигналом, используя ответвитель с селекцией по длине волн. Входной сигнал и луч накачки должны иметь существенно отличающиеся длины волн.

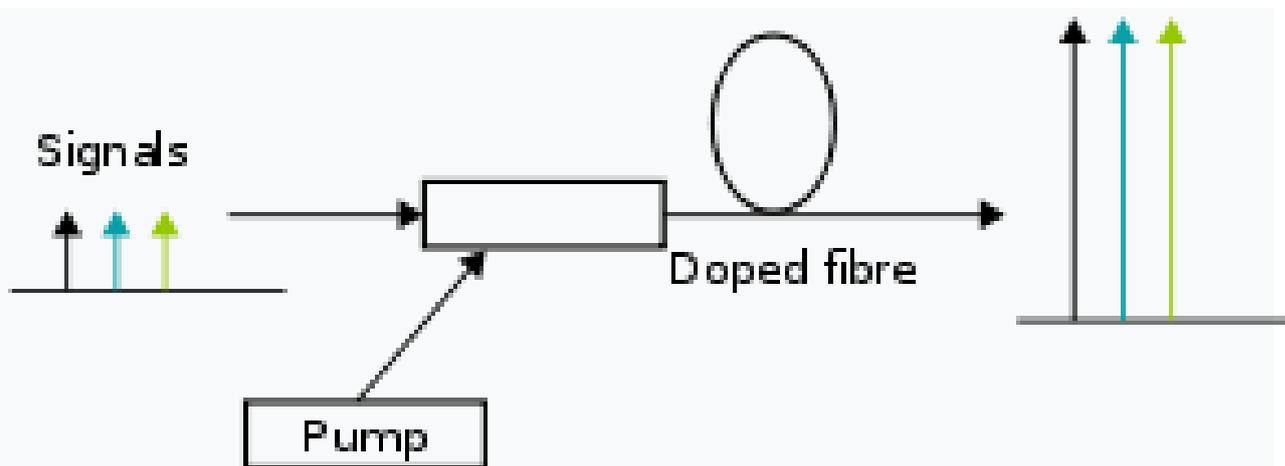


Рис.3.10.Схема простого оптического усилителя

Смешанный свет попадает в область волокна, легированную ионами эрбия. Мощный луч накачки воздействует на ионы эрбия, переводя их внешние (оптические) электроны в возбуждённые состояния, то есть происходит процесс увеличения (накопления) энергии в системе за счёт энергии квантов излучения накачки. Таким образом в системе создается инверсная заселённость энергетических уровней эрбия. Когда в систему входит фотон полезного (усиливаемого) сигнала, он, взаимодействуя с возбуждённым атомом эрбия, вынуждает его излучить запасённую энергию в виде дополнительного кванта излучения, свойства которого идентичны свойствам изначального кванта полезного сигнала. То есть из одного начального фотона после процесса вынужденного излучения получается два, а сам процесс вынужденного излучения можно сравнить с процессом клонирования, потому что в каждом элементарном акте вынужденного излучения получаются два фотона с одинаковыми свойствами: энергией, фазой, поляризацией и направлением распространения, то есть фотоны когерентны. Выходит, что количество фотонов полезного (входного) сигнала, проходящих через среду с инверсной заселенностью, резко увеличивается пропорционально количеству актов вынужденного излучения, а так как все рождённые фотоны когерентны, то их совокупность представляет собой электромагнитную волну, отличающуюся от электромагнитной волны входного сигнала только большей интенсивностью, при этом атомы эрбия, отдав

запасённую энергию в ходе вынужденного излучения, возвращаются в основное, невозбуждённое состояние, и процесс повторяется сначала. Среда с инверсной заселённостью является одной из главных составных частей лазера, другой необходимой частью является система оптической обратной связи, которая за счёт отражения возвращает часть излучения обратно и тем самым создает непрерывную лазерную генерацию. Процесс непрерывной лазерной генерации превращает усилитель в лазер и полностью нарушает структуру входного сигнала, что препятствует передаче информации, поэтому от обратной оптической связи стараются избавиться путём введения в систему оптических «изоляторов» в тех местах, где обратная связь, обусловленная отражением, может появляться: например на выходе из усилителя, в месте присоединения к усилителю оптического волокна, которое представляет собой границу раздела, на которой, ввиду механической неоднородности, возникает отражение.

Как и светодиоды, полупроводниковые лазеры выпускаются только на основе двойных гетеро структур. Кристалл с такой структурой представляет собой многослойную композицию с числом слоев до 7...11. На рис. 3.11 представлен пример одной из таких композиций.

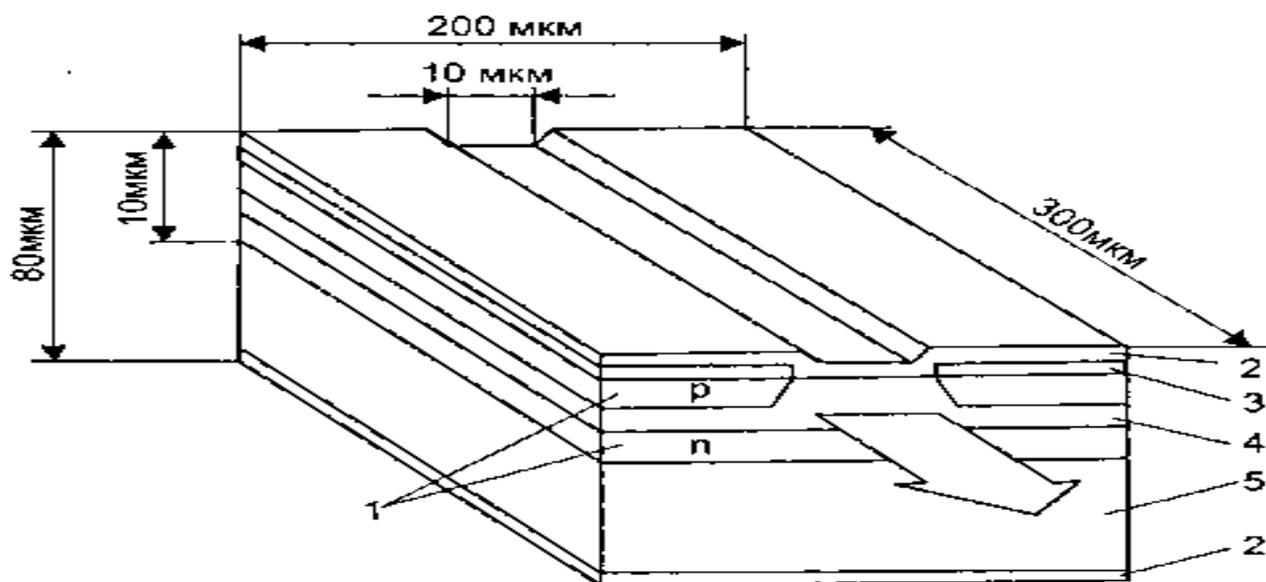


Рис. 3.11. Полупроводниковая структура лазера полосковой геометрии на двойной гетеро структуре, где:

1 — эмиттерные слои (AlGaAs), 2 — металлический контакт, 3 — изоляционный слой из диоксида кремния, 4 — узкозонный активный слой (p-GaAs), 5 — подложка

На основе такой структуры производятся практически все современные ЛД для ВОЛС. В системах PDH, одноволновых системах SDH со скоростями до 622 Мбит/с (STM-4) применяются ЛД, основой которых является полупроводниковая двойная гетеро структура на основе химического соединения GaAl/GaAs. Лазеры этого типа излучают на длинах волн от 820 до 1400 нм. В последние годы химический состав структуры изменен на InGaAsP (индий, галлий, арсенид, фосфор), что позволило покрывать диапазон от 950 до 1650 нм. Такая гетероструктура представляет собой кристалл в виде параллелепипеда, торцевые грани которого образуют резонатор Фабри—Перо. Размеры резонатора весьма малы: длина резонатора $L = 100 \dots 500$ мкм и ширина 100 мкм, ширина активной области 10 мкм, толщина 1 мкм. Диаграмма направленности оптического излучения в поперечном сечении представляет собой вытянутый эллипс с расходимостью по меньшему диаметру $2 \dots 10^\circ$, по большему — $30 \dots 60^\circ$. Резонатор Фабри - Перо образуется между двумя противоположными гранями параллелепипеда, перпендикулярными его продольной оси. Зеркалами резонатора являются сами эти грани, поскольку, учитывая большой показатель преломления арсенида галлия ($n_{\text{АГ}} = 3,6$), коэффициент отражения для нормально падающих лучей получается достаточно большим ($R = 0,3$).

Лазерные диоды такого типа применяются в основном в относительно низкоскоростных системах ВОЛС (с уровнями иерархий E1 — E4 и STM-1). Они могут быть как многомодовыми, так и одномодовыми, т. е. излучать в одной продольной моде.

В высокоскоростных системах передачи (начиная с STM-1) в качестве излучателей применяются исключительно одномодовые одночастотные ЛД. Простейшая конструкция, обеспечивающая одномодовый одночастотный режим, — это так называемые C^3 -лазеры [153], представляющие собой два оптически связанных лазера с резонаторами Фабри - Перо. Для таких лазеров характерна

температурная нестабильность частоты, составляющая около $0,1 \text{ нм/к}^\circ$. Основной фактор, определяющий температурную нестабильность, — температурные изменения показателя преломления полупроводниковой структуры. При изменении температуры изменяется также выходная мощность излучения ЛД. Полупроводниковый лазер — пороговый прибор. Это значит, что когерентное излучение возникает при некоторой пороговой величине тока накачки. На рис. 10.5 представлена типовая ватт-амперная характеристика ЛД с резонатором Фабри-Перо, где по оси ординат отложена выходная оптическая мощность, по оси абсцисс — ток накачки. Кривая 1 соответствует работе лазера при комнатной температуре ($20 \text{ }^\circ\text{C}$). Участок кривой до $I_{\text{пор}}$ соответствует допороговому режиму, при котором происходит спонтанное некогерентное излучение, по достижении $I_{\text{пор}}$ начинается когерентное излучение со спектральной шириной линии порядка $2\text{...}3 \text{ нм}$. При повышении температуры лазера кривая смещается вправо, а величина порогового тока быстро возрастает. Если ток накачки остается прежним, то выходная мощность P_0 уменьшается. Для восстановления прежней величины P_0 необходимо увеличить ток накачки.

Приемники оптического излучения (фотоприемники) в цифровых системах связи представляют собой сложные устройства, осуществляющие преобразование световых сигналов в электрические. Для этого световое излучение преобразуется в электрический ток, усиливается, а затем происходит восстановление переданного сообщения и формирование соответствующего этому сообщению электрического сигнала. Большинство действующих оптических систем передачи информации используют двоичный (бинарный) код и простейшую амплитудную модуляцию с двумя значениями амплитуды сигнала. Приемники оптического излучения для таких систем и будут рассмотрены здесь, тем более что они имеют наиболее простую структуру. В последнее время в научных лабораториях интенсивно исследуются различные новые формы модуляции. Приемники для таких систем имеют более сложную структуру, но в них составной частью присутствуют приемники бинарных амплитудно-модулированных сигналов. Цифровой фотоприемник (приемник цифровой ВОСС с амплитудной модуляцией

и прямым детектированием) состоит из четырех блоков. В первом блоке происходит последовательное преобразование оптических сигналов в электрический ток (оптоэлектронное преобразование). Во втором блоке осуществляется линейное усиление электрического тока, в третьем — восстановление данных, а в четвертом — создание выходного электрического сигнала.



Рис. 3.12. Структурная схема цифрового фотоприемника

Преобразование модулированного светового излучения (светового сигнала) в модулированный электрический ток происходит в фотодиоде. Ток фотодиода усиливается мало - шумящим трансимпедансным усилителем. Выходящие из него импульсы тока усиливаются линейным усилителем с автоматической регулировкой усиления (АРУ), фильтруются и попадают в блок восстановления

данных, где усиленный электрический импульс делится на три части. Одна часть импульса используется для формирования частоты в блоке синхронизации. Вторая часть электрического импульса служит для формирования постоянного порогового тока, используемого в качестве уровня сравнения с импульсами тока информационного сигнала. Третья часть подается на схему сравнения, где сравнивается с пороговым значением тока для принятия решения о том, какой символ («1» или «0») передан. Сравнить значение импульса тока с пороговым значением необходимо в точно определенные моменты времени, соответствующие середине тактовых периодов. Интервалы времени, в которые происходит сравнение порогового тока с величиной тока фотодиода, задает генератор тактовой частоты. Для оптимальной работы фотоприемника величина среднего значения усиленного тока должна примерно совпадать с пороговым значением. Выполнение этого условия обеспечивает блок автоматической регулировки усиления. Схема усиления управляет работой формирователя электрических сигналов, который в зависимости от результатов сравнения вырабатывает электрический сигнал, соответствующий логической «1» или «0».

3.3. Проектирование современной системы связи на участке Кунград-Ходжейли-Нукус

При проектировании и эксплуатации системы связи необходимо знать величины уровней сигнала в различных точках тракта передачи. Чтобы охарактеризовать изменения уровня сигнала вдоль линии связи используют диаграмму уровней – график, который показывает распределение уровней вдоль тракта передачи.

Для построения диаграммы уровней необходимо рассчитать ослабление всех регенерационных участков по формуле:

$$P_{пр} = P_{пер} - (a * l_p + n_{прс} * a_{нс} + n_{прс} * a_{рс}), \text{ дБ} \quad (1)$$

Где:

$P_{пр}$ - уровень мощности на приеме, дБ х м;

$R_{\text{пер}}$ - уровень мощности источника излучения, $\text{дБ} \times \text{м}$;

$a_{\text{рс}}$ - потери в разъемном соединении, дБ ;

$n_{\text{рс}}$ - количество разъемных соединений;

$a_{\text{нс}}$ - потери в неразъемных соединениях, $\text{дБ}/\text{км}$;

a - коэффициент затухания ОВ, $\text{дБ}/\text{км}$.

По схеме организации связи в дипломном проекте два участка регенерации:

- ОС ст. Кунград - ст. Шуманай длиной 57 км;

- ст. Шуманай - ОС ст. Ходжейли длиной 30 км.

Для расчета $R_{\text{пр}}$ определяем количество строительных длин кабеля на каждом участке регенерации:

- 1 участок $57/4 = 14,25$;

- 2 участок $30/4 = 7,5$.

Подставляя в формулу (1) рассчитанные значения, получим:

$R_{\text{пр 1 уч.}} = 6 - (0,22 \cdot 57 + (14,25 - 1) \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,5) = - 8,865 \text{ дБ}$,

$R_{\text{пр 2 уч.}} = 6 - (0,22 \cdot 30 + (7,5 - 1) \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,5) = - 2,25 \text{ дБ}$.

Исходя из полученных результатов, делаем вывод, что полученные уровни на приеме не ниже минимального уровня приема.

4.ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЛС

4.1. Охрана труда при строительстве и техническом обслуживании ВОЛС

Работа по охране труда на железнодорожном транспорте должна быть направлена на создание наиболее благоприятных условий для высокопроизводительного труда, максимальное сокращение ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда, улучшение техники безопасности, предупреждение производственного травматизма и профессиональных заболеваний, строгое соблюдение законодательства о труде.

Каждая дистанция сигнализации и связи имеет кабинет охраны труда, который должен быть оснащен:

- нормативно - технической документацией по охране труда (стандартами, нормами, правилами, инструкциями), директивными, методическими и информационными материалами по вопросам трудового законодательства, технике безопасности, производственной санитарии, технической эстетике, инженерной психологии (эргономике), пожарной безопасности;

- наглядными учебными пособиями (плакатами, фотовыставками, альбомами, схемами, макетами, моделями, диафильмами, кинофильмами, натурными образцами защитных средств и др.) по технике безопасности и производственной санитарии;

- учебными пособиями (справочниками, учебными книгами, памятками) и периодическими изданиями по охране труда.

К работам по строительству и монтажу кабельных линий связи допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, инструктаж и обучение на рабочем месте, проверку знаний правил по охране труда и имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей группы.

4.2 Обязанности работников, занятых в строительстве и монтаже кабельных линий связи

Работники, занятые строительством и монтажом кабельных линий связи должны:

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- пройти обучение безопасным методам труда в объеме технологии ведения работ;
- знать и соблюдать правила по охране труда в объеме выполняемых обязанностей, ежегодно подтверждать III группу по электробезопасности;
- знать порядок проверки и пользования ручным механическим и электроинструментом, приспособлениями по обеспечению безопасного производства работ (стремянки, лестницы и другое), средствами защиты (диэлектрические перчатки и ковры, инструмент с изолирующими рукоятками» индикаторы напряжения, защитные очки);
- выполнять только ту работу, которая определена указанием на производство работ, инструкциями по монтажу и наладке оборудования, и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- уметь оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях;
- соблюдать инструкцию о мерах пожарной безопасности;
- о каждом несчастном случае на производстве немедленно извещать непосредственного руководителя.

4.3.Вредные и опасные производственные факторы при строительстве и монтаже кабельных линий связи

К таким факторам относятся:

- неблагоприятные метеорологические условия (низкая температура воздуха, повышенная влажность и т.п.);

- возможность появления или образования в зоне работы ядовитых, взрыво - и пожароопасных сред;

- работа вблизи железнодорожных путей;
- работа в охранной зоне нефтепроводов и газопроводов;
- работа на территории действующих предприятий;
- недостаточная освещенность рабочего места.

Работы на кабельных линиях запрещаются:

- во время грозы;
- при температуре наружного воздуха ниже нормы, установленной местными органами власти.

Исключение допускается при ликвидации аварий. В этом случае руководитель работ обязан организовать в непосредственной близости от места работы средства для обогрева.

Для оказания пострадавшему доврачебной помощи, бригада должна быть оснащена медицинской аптечкой, а каждый работник должен иметь индивидуальный антисептический пакет.

4.4. Требования безопасности перед началом работы

Перед началом работ руководитель работ должен:

- провести инструктаж по мерам безопасности с техническим персоналом;
- установить связь со смежными участками сети связи;
- обеспечить присутствие персонала на питающем пункте, если по кабелю подается дистанционное питание.

После получения инструктажа технический персонал обязан:

- надеть установленную по действующим нормам специальную одежду и технологическую обувь, застегнуть спецодежду на все пуговицы, надеть головные уборы;
- привести в порядок средства коллективной и индивидуальной защиты;
- приготовить к работе необходимые инструменты и убедиться в их исправности;

- установить необходимые ограждения и предупредительные знаки;
- обо всех недостатках и неисправностях, обнаруженных при осмотре на рабочем месте, доложить старшему бригады для принятия мер к их полному устранению.

4.5. Требования безопасности во время выполнения работы

Прокладка (подвеска) кабелей должна выполняться только по утвержденным чертежам, на которых должны быть указаны находящиеся в пределах рабочей зоны инженерные коммуникации (силовые кабели, кабели связи, газо-, водопроводы и др.). При обнаружении в пределах рабочей зоны инженерных коммуникаций, не указанных на чертежах, работы должны быть остановлены до выяснения всех обстоятельств с их владельцами. На коммутационном оборудовании, при помощи которого снято напряжение дистанционного питания (ДП), должны быть вывешены плакаты с надписью: «Не включать - работы на линии!».

Одновременно со снятием напряжения ДП с кабеля снимается напряжение телеуправления и сигнализации. На платы телеуправления и сигнализации также вывешиваются плакаты: «Не включать — работы на линии!».

Производить переключения на высоковольтном коммутационном оборудовании необходимо в диэлектрических перчатках, стоя на диэлектрическом ковре или в диэлектрических галошах.

Необходимо убедиться при помощи переносного вольтметра или индикатора в отсутствии напряжения на токоведущих частях оборудования и кабеля.

Разрезать и вскрывать кабель и муфты можно только в присутствии руководителя работ. При этом электромонтер должен быть в диэлектрических галошах, диэлектрических перчатках и защитных очках. После вскрытия кабеля его необходимо разрядить на землю и, убедившись в отсутствии напряжения, работать без средств защиты. Ножовка, используемая при разрезании кабеля, должна быть заземлена.

Электроизмерительные работы при настройке, испытаниях и измерениях проводятся бригадами, состоящими не менее чем из двух человек, на каждом конце измерительного участка.

Подключение и отключение переносных приборов, требующих разрыва электрических цепей, находящихся под напряжением, должны выполняться при полном снятии напряжения.

Подключение и отключение измерительных приборов, не требующих разрыва первичной электрической цепи, допускаются под напряжением при условии применения проводов с высокой электрической изоляцией и специальных наконечников с изолирующими рукоятками. Размер изолирующей рукоятки должен быть не менее 200 мм.

Во время измерений металлические корпуса приборов и кожуха трансформаторов должны быть заземлены.

Электрические измерения кабельных линий связи, подверженных опасному влиянию ЛЭП или электрифицированных железных дорог переменного тока, необходимо производить в диэлектрических перчатках, стоя на диэлектрическом ковре или в диэлектрических галошах.

Не следует без ведома руководителя работ вносить какие-либо изменения в схемы испытаний (измерений) и изменять установленный порядок работы.

Испытательное напряжение подается на линию после того, как от всех бригад, работающих на линии, получены подтверждения о готовности к проведению испытания;

Включение и выключение напряжения ДП производятся ответственным дежурным участка сети связи по указанию лица, ответственного за проведение испытаний. Время включения и выключения ДП фиксируется в журнале дежурного. В тот же журнал записываются фамилии руководителей работ, сообщивших о готовности к включению ДП.

Все операции по измерениям, в том числе подача напряжения ДП, производятся по команде, передаваемой по служебной связи.

При работе на волоконно-оптических линиях связи, для монтажа оптического кабеля используется передвижная лаборатория, оборудованная на базе автомобиля. В автомобиле расположен комплект для сварки оптического кабеля, небольшой запас растворителя (0,3-0,5 л) нефрас 50/170 в металлической емкости. 54. После снятия внешней оболочки необходимо удалить гидрофоб, применяя нефрас. Работы следует производить при включенной приточно-вытяжной вентиляции, так как нефрас - легковоспламеняющаяся жидкость, относящаяся к вредным веществам.

Работник, производящий монтаж волоконно-оптического кабеля, должен быть осторожен со сколотым волокном: не разбрасывать его, складывать в определенное место и следить, чтобы частицы этого волокна не попали через одежду на тело. Для этой цели необходимо пользоваться защитным фартуком.

Монтажный стол и пол в монтажно-измерительной автомашине после каждой смены следует обрабатывать пылесосом, а затем протирать мокрой тряпкой. Тряпку следует отжимать в плотных резиновых перчатках.

При работе с устройством для сварки оптических волокон необходимо соблюдать следующие требования:

все подключения и отключения приборов, требующих разрыва электрических цепей или соединения с высоковольтными цепями устройства, производить при полном снятии напряжения;

- корпус прибора заземляется;

- во время наладочных работ следует помнить, что трансформатор, высоковольтные провода и электроды в режиме сварки находятся под высоким напряжением;

- запрещается эксплуатация устройства со снятым защитным кожухом блока электродов;

- не реже одного раза в неделю производить проверку исправности изоляции высоковольтных проводов. Запрещается работать на устройстве при повреждении изоляции высоковольтных проводов.

- для наблюдения за сваркой работник обязан применять защитные очки.

4.6 Требования безопасности в аварийных ситуациях

Каждый работник, обнаруживший нарушения требований настоящей инструкции и правил по охране труда или заметивший неисправность оборудования, представляющую опасность для людей, обязан сообщить об этом непосредственному руководителю. В тех случаях, когда неисправность оборудования представляет угрожающую опасность для людей или самого оборудования, работник, ее обнаруживший, обязан принять меры по прекращению действия оборудования, а затем известить об этом непосредственного руководителя. Устранение неисправности производится при соблюдении требований безопасности.

Если во время работы произошел несчастный случай, необходимо немедленно оказать первую медицинскую помощь пострадавшему, доложить о случившемся своему непосредственному начальнику и принять меры для сохранения обстановки несчастного случая, если это не сопряжено с опасностью для жизни и здоровья людей.

При поражении электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, а в случае работы на высоте принять меры, предупреждающие его от падения.

При возникновении пожара следует немедленно приступить к его тушению имеющимися средствами и вызвать пожарную часть.

При обнаружении постороннего напряжения на рабочем месте необходимо немедленно прекратить работу и доложить старшему бригады.

При прекращении электропитания во время работы с электроинструментом или перерыве в работе электроинструмент должен быть отключен от электросети.

При обнаружении запаха газа надо немедленно вызвать аварийную газовую службу, не включать и не выключать токоприемников, обеспечить естественную вентиляцию помещения.

По окончании работы необходимо привести в порядок рабочее место, инструмент и приспособления.

Сообщить старшему бригады о всех неисправностях, замеченных во время работы, и мерах, принятых к их устранению.

Спецодежду нужно убрать в специально отведенное место.

Необходимо тщательно вымыть лицо и руки теплой водой с мылом. После выполнения работ, связанных со сваркой оптических волокон, необходимо тщательно прополоскать рот.