ВВЕДЕНИЕ

Развитие связи в Казахстане приобретает все большее значение в экономике, способствует развитию взаимоотношений между странами и тем самым укрепляет вес на международном рынке.

Телефонная связь имеет большое народнохозяйственное значение. Она позволяет и организациям, и частным лицам работать более эффективно. К телефонным сетям предъявляются качественно новые требования такие как: передача по телефонным линиям не только речи, но и данных, текстов, изображений, повышения достоверности и скорости передачи информации.

Непременным, и одним из наиболее сложных и дорогостоящих элементов связи являются линии связи, по которым передаются информационные электромагнитные сигналы от одного абонента (станции, передатчика, регенератора и т.д.) к другому (станции, приемнику, регенератору и т. д.).

Цифровые системы передачи (ЦСП) информации характеризуются специфическими, отличными от аналогов систем, свойствами. Основные преимущества этих систем заключаются в следующем:

* более высокая помехоустойчивость, что позволяет значительно облегчить требования к условиям распространения сигнала линии передачи;
* возможность интеграции систем передачи сообщений и их коммутации;
* незначительное влияние параметров линии передачи на характеристики каналов;
* возможность использования современной технологии в аппаратуре ЦСП;
* отсутствие явления накопления помех и искажений вдоль линии передачи;
* более простая оконечная аппаратура по сравнению с аппаратурой систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК);
* легкость засекречивания передаваемой информации.

Всем этим требованиям удовлетворяют коммутационные и цифровые системы передачи с оптико-волоконными линиями связи. На юге страны построено 1700 км волоконно-оптических магистральных линий связи, на севере «цифровизированно» более 1000 км линий на участке Караганда-Астана – Петропавловск. В 2001 году построена и сдана в эксплуатацию Западная ВОЛС с выходом на Россию, протяженностью 2500 км на участке Шимкент – Актобе – Россия. По совместным с Ростелекомом планом сеть Казахтелекома получит вскоре доступ к Транссибирской ВОЛС. Большие планы связаны с обеспечением транзита трафика из Юго-Восточной Азии в Европу. Идет реализация проекта национальной информационной супер магистрали, представляющей собой цифровое волоконно-оптическое кольцо длиной 9 тыс.км, которое будет построено к 2003 году. Одним из источников финансирования этого проекта - доходы от транзита трафика из Юго-Восточной Азии в Европу, другим станут доходы от транзита трафика из стран СНГ, для чего планируется «цифровизация» соответствующих магистралей. Также все большее внимание уделяется развитию услуг Internet. В недавнем прошлом ОАО «Казахтелеком» занимал здесь пассивную позицию и на этом рынке правили балом многочисленные мелкие операторы. Но в начале 1998 года Казахтелеком предложил новую услугу- доступ в Internet через междугородный код. По спутниковым цифровым каналам общей емкостью 8 Мбит пользователи Казахстана получают доступ к ведущим Internet-центрам в США, Европе и Москве. Это сразу дало существенный рост абонентов Internet в Казахстане.

Следующим шагом в развитии коммутации являются новые системы интегрального обслуживания (ISDN - Integrated Services Digital Network), которые предоставляют универсальные услуги множеству различного типа пользователей. Построение ISDN невозможно без «цифровизации» телефонной сети и замены существующих аналоговых систем передачи на более новые цифровые.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что решающим условием успешного развития электросвязи является выработка идеологии и стратегии построения сетей связи с учетом комплекса экономических, технических, производственных, организационных и других факторов.

На сегодняшний день в Казахстане отечественная промышленность еще не производит соответствующего оборудования, и Министерство транспорта и коммуникации делает ставку на зарубежные разработки. Наиболее активными, действующими на казахстанском рынке фирмами являются Alkatel (Франция), Fujikura (Япония), General Cable Company (США), Mohawk/CDT (США), SEL (Германия), Siemens (Германия), MOI Elektronik (Германия), Nokia (Финляндия), HICOM (Китай), Pirelli (Испания), Samsung (Ю.Корея) и другие. Несмотря на сходство основных параметров предлагаемого оборудования, имеются существенные различия по программному обеспечению и элементной базе.

Глава I Выбор и обоснование проектных решений

1.1 Краткая характеристика существующей схемы организации связи

Магистраль Семипалатинск – Алматы пересекает Казахстан с востока на юг, протяженностью 1210 км, вдоль магистральной ж/д.

На участке проектирования "Алматы-Семипалатинск" существует аналоговая система передачи (АСП) VLT-1920. Эта система предназначена для организации мощных пучков ТЧ и передачи телевизионных программ на магистральной первичной сети. В качестве направляющей среды используется кабель коаксиальный типа КМ-4, типа 2,6/9,4, имеющий 4 коаксиальные пары и пять симметричных четверок с жилами диаметром 0,9 мм, для организации служебной связи. Кабель типа 2,6/9,4 используется в основном по однокабельной системе. По кабелю КМ-4 можно организовать две системы К-1920 с расстоянием между усилителями 6 км или две системы К-3600 с расстоянием между усилителями 3 км. Возможно также применение цифровых систем передачи ИКМ-480 и ИКМ-1920.

Основные электрические характеристики коаксиальной пары 2,6/9,4:

1. номинальное волновое сопротивление ZВ=75 Ом;
2. внутренняя неоднородность (коэффициент отражения) р=2х10-3;
3. переходное затухание Ао=122 дБ при частоте 300кГц;
4. коэффициент затухания на частоте 1 МГц равен 2,48 дБ/км;
5. испытательное напряжение U=3,0 кВ постоянного тока.

Расстояние между усилительными пунктами равно 6 км при передаче в диапазоне до 8,5 МГц и 3 км при передаче до 18 МГц. Усилительные пункты получают электропитание дистанционно от обслуживаемых пунктов, расположенных через 120…240 км на кабельной магистрали. Аппаратура дает усиление до 48,4 дБ. Максимальная дальность связи 12500 км. Система VLT-1920 обеспечивает по каждым двум коаксиальным парам кабеля КМ-4 возможность организации 1920 каналов ТЧ или двусторонний обмен телевизионными программами с одновременной передачей 300 телефонных разговоров.

Важнейшей особенностью этой магистрали является ее совместимость с действующей на магистрали первичной сети отечественной системы К-1920. Понятие совместимости включает в себя идентичность линейных спектров частот, равенство номинальных длин усилительных участков и их допустимых разбросов, а также максимальных протяженностей секций ОУП-ОУП и однородных участков линейного тракта, одинаковые возможности выделения групп ТЧ.

Указанная особенность позволяет использовать в качестве оконечной аппаратуры преобразования, аппаратуры выделения групповых трактов и телевизионных программ соответствующую отечественную аппаратуру, значительно облегчает процесс реконструкции существующих линий передачи, заключающийся в замене ламповой аппаратуры К-1920 транзисторной VLT-1920.

Аппаратура линейного тракта для системы VLT-1920 разработана и выпускалась промышленностью ГДР по техническим требованиям, согласованным по линии СЭВ. Благодаря принятым техническим и конструктивным решениям она отличается простотой монтажа, настройки и эксплуатационного обслуживания.

Линейный тракт VLT-1920 разработан в соответствии с более жесткими, чем в рекомендациях МККТТ, техническими требованиями. Так, максимально допустимая длина однородного участка линейного тракта VLT-1920 принята равной 1500 км. Аналогичным образом обстоит дело и в отношении нагрузки: максимальная среднечасовая мощность загрузки канала ТЧ в системе передачи VLT-1920, отнесённая к точке нулевого относительного уровня, принята равной 50мкВт, в то время как в системах передачи, указанных в МККТТ, она составляет 32 мкВт.

Система передачи VLT-1920 образована совокупностью коаксиального кабеля и трёх типов аппаратуры: типового преобразования, сопряжения и линейного тракта. Аппаратура типового преобразования осуществляет перенос спектра исходных информационных сигналов в спектр стандартных групповых трактов. С помощью аппаратуры сопряжения спектры стандартных групповых трактов преобразуются в линейный спектр частот системы передачи. Аппаратура линейного тракта выполняет функции усиления передаваемых сигналов, а также обеспечивает необходимую стабильность остаточного затухания тракта передачи. С целью унификации аппаратуры преобразования уровни передачи на стыке её с аппаратурой линейного тракта стандартизованы.

Согласно рекомендации МККТТ G.213 номинальный относительный уровень на выходе аппаратуры сопряжения и входе аппаратуры линейного тракта должен составлять –36дБ0 (-45дБн) для системы с числом каналов от 24 до 1800 и –33дБ (-42дБн) при числе каналов более 1800 номинальный относительный уровень в точке стыка «Выход аппаратуры линейного тракта» «Вход аппаратуры сопряжения» установлен равным –23дБ0 (-32дБн) для систем с числом каналов от 24 до 1800 и –33дБ0 (-42дБн) при числе каналов более 1800.

В отличие от оконечной аппаратуры преобразования, имеющей стандартизованную диаграмму уровней, номинальные уровни передачи линейного тракта являются индивидуальными для каждой системы. В системах передачи по коаксиальному кабелю существенными являются собственные и нелинейные помехи, причём нормированная мощность суммарных помех в верхнем канале ТЧ распределяется между собственными и нелинейными помехами в отношении 2:1.

В системе передачи VLT-1920 максимально допустимая мощность помех составляет 2.2 пВт0п/км, из которых в соответствии с указанным оптимальным соотношением 1.5 пВт0п/км отводится на собственные помехи и 0.7пВт0п/км – на нелинейные. Поскольку номинальная длина усилительного участка в системе передачи равна 6 км то допустимая мощность и уровень собственных помех на входе линейного усилителя, пересчитанные в ТНОУ, составят соответственно 9пВт0п (15,8 пВт0) и –80.5 дБм0п (-78дБм0).

В VLT-1920 применён широко используемый в современных многоканальных системах передачи одноблочный линейный усилитель с глубокой отрицательной обратной связью (ООС). Классическая схема одноблочного ЛУс представляет собой последовательное соединение линейного выравнивателя (ЛВ) и собственно усилителя.

Как известно, затухание коаксиальной пары в первом приближении пропорционально квадратному корню из частоты. Поэтому затухание кабеля является монотонно возрастающей функцией частоты. Выравнивание помехозащищенности в каналах системы VLT-1920 обеспечивается за счет предискажения уровней передачи. Последнее позволяет также уменьшить загрузку линейного усилителя и мощность нелинейных помех; при заданной мощности нелинейных помех введение предискажения снижает требования к затуханию нелинейности ЛУс.

Система VLT-1920 является аналоговой системой передачи с частотным разделением каналов.

При частотном разделении каналов (ЧРК) канальные сигналы отличаются по положению их спектров в частотной области. Для придания канальным сигналам таких свойств в преобразующих МСП с ЧРК осуществляется модуляция переносчиков, которые представляют собой гармонические функции. В результате модуляции на выходах преобразователя формируются ВЧ сигналы. При построении МСП с ЧРК, для экономии линейного спектра, используют метод передачи ОБП. В этом случае, при передаче ОБП происходит просто сдвиг спектра исходного сигнала по частоте.

Недостатки ЧРК:

* использование большого числа аппаратуры для преобразования частот;
* малая помехоустойчивость;
* малая длина усилительного участка;
* требуется большая мощность для работы аппаратуры преобразования;
* большое затухание на участках.
  1. Обоснование выбора трассы Алматы - Семипалатинск

Проектируемая ВОЛС будет являться одной из ветвей Национальной Информационной Супермагистрали (НИСМ) Республики Казахстана. Эта ветвь НИСМ предназначена соединить между собой два крупных промышленных и культурных центра Казахстана и замкнуть кольцо НИСМ с востока на юго-восток Республики.

При выборе трассы будем руководствоваться не только оптимальной длиной трассы, но и максимально – возможным количеством районных центров, которые нужно включить в цифровое кольцо Казахстана, чтобы обеспечить в дальнейшем создание разветвленных внутризоновых и местных сетей с доступом к ВОЛС, топология перспективной первичной сети должна экономично реализовать структуры вторичных сетей электросвязи и быть оптимальной по мере их постепенной интеграции, к кабельной магистрали должен быть доступный подъезд на спецавтотранспорте, не устанавливать муфты на сельскохозяйственных угодьях, землях повышенной деятельности, зонах отдыха и других территориях, в которых затруднено проведение аварийно-восстановительных работ. Не допускать, чтобы основная кабельная магистраль заходила в населенные пункты, которые являются источником опасности для магистрали.

Учитывая вышеизложенное возможны 3 варианта строительства ВОЛС:

1 вариант: г.Семипалатинск – вдоль железной дороге с правой стороны, до станции Чарск – Жангизтобе – Жарма – Аягуз – Актогай – Лепсы – Мулалы – Уштобе – Коксу – Сары-Озек – Капчагай – г.Алматы.

2 вариант: г.Семипалатинск – вдоль автомобильной дороги слева по направлению к Алматы) – Суыкбулак – Чарск – Георгиевка – Жангизтобе – Жарма – Аягуз – Шингожа – Шубарбайтал – Таскескен – Учарал – Андреевка Ленинск – Сарканд – Джансугурово – Кызылагаш – Талдыкорган – Кировский – Айнабулак – Сарыозек – Шенгельды – Капчагай – г.Алматы.

3 вариант: г.Семипалатинск – (вдоль автомобильной дороги слева по направлению к Алматы) – Бельагаш – Бородулиха – Шемонаиха – Верхубинка – Усть-Каменогорск – Георгиевка – Жарма – Аягуз – Шубарбайтал – Таскескен – Учарал – Андреевка – Сарканд – Джансугурово – Кызылагаш – Талдыкорган – Кировский – Айнабулак – Сарыозек – Шенгельды – Капчагай – г. Алматы.

Для сравнения этих трех вариантов прохождения трассы составим таблицу 1.1

Таблица 1.1 Варианты прохождения трассы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | 1 вариант трассы | 2 вариант трассы | 3 вариант трассы |
| Протяженность трассы (км) | 1013 | 1097 | 1353 |
| Количество населенных пунктов, на которые нужно падать каналы (пос) | 16 | 25 | 40 |
| Количество пересечений с железной дорогой (переходов) | 1 | 6 | 9 |
| Количество пересечений с автодорогами (переходы) | 17 | 18 | 20 |
| Количество пересечений через реки  А) судоходные  Б) не судоходные | 2  10 | 2  10 | 2  11 |
| Количество пересечений с нефте и газопроводами | 1 | 1 | 2 |
| Протяженность трассы по пахотным землям | - | 54 | 54 |

Из таблицы видно, что самая короткая трасса ВОЛС в 1 варианте. Учитывая, что по варианту 3 – наибольшее количество населенных пунктов, нуждающихся в цифровых каналах, а это главная задача цифрового кольца Республики Казахстан, в том числе и областной центр Усть-Каменогорск. Восточно-Казахстанская область с развитой промышленностью и большим количеством проживающего населения.

Поэтому, на мой взгляд, наиболее приемлемым это строительство ВОЛС по третьему варианту: требование интересов значительного числа населения Казахстана и обеспечение промышленного района цифровой связью с выходом на Российскую Федерацию через Барнаул к Новосибирску к транссибирской цифровой магистрали.

* 1. Преимущества волоконно-оптических линий связи

# 1.3.1 Оптические кабели

Оптическим кабелем называется кабельное изделие, содержащее несколько оптических волокон, модулей или жгутов, заключенных в общую оболочку, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации может быть наложен защитный покров.

Волоконно-оптические кабели по своему назначению, могут быть классифицированы на: магистральные, зоновые, городские, станционные (внутриобъектовые и монтажные). По конструкции оптические кабели классифицируются в зависимости от типа и взаимного расположения оптических волокон, способов их укладки, расположения силовых элементов, типа оболочки и защитных покровов.

Для любой системы связи важное значение имеет три фактора:

1. информационная емкость системы;

2. затухание, определяет длину регенерационного участка;

3. надежность, способность длительно функционировать в условиях воздействия окружающей среды;

Основные преимущества ВОЛС по сравнению с обычными кабельными линиями следующие:

* высокая помехоустойчивость, нечувствительность к внешним электромагнитным полям и практически отсутствие перекрестных помех между отдельными волокнами, уложенными вместе в кабель;

- значительно большая широкополосность;

- малая масса и габаритные размеры. Ожидается уменьшение массы и габаритов примерно в 10 раз и более по сравнению с существующими кабельными линиями связи при одинаковом числе каналов связи. Это приведет к уменьшению стоимости и времени прокладки оптического кабеля;

- полная электрическая изоляция между входом и выходом системы связи;

- малое затухание ОВ позволяет увеличить длину регенерационного участка до180-200км;

- потенциально низкая стоимость, производстве ВС не используются такие дорогостоящие материалы, как медь и свинец, запасы которых на земле ограничены; сравнительно малое энергопотребление при производстве единицы длины ОВ по сравнению с алюминием и медью.

Недостатки:

- некоторая зависимость параметров ВС, а особенно оболочек, от внешнего старения, сложность соединения ОК;

- более жесткие требования к дополнительной деформации ОК (растяжение, изгиб, поперечная деформация).

1.3.1.1 Конструкция волоконно-оптических кабелей

ВОК должен содержать следующие элементы:

1 оптические волокна для передачи информации;

2 силовые упрочняющие элементы, воспринимающие основную нагрузку на разрыв;

3 армирующие элементы, предохраняющие оптические волокна от сжимающих усилий;

4 внутреннее заполнение каналов кабеля в виде стеклопластиковых или полиэтиленовых нитей;

5 защитные наружные оболочки, предохраняющие волокна от попадания влаги, наружных паров и т.д.

Существуют три основные конструкции ОК:

- ОК повивной скрутки;

- ОК с фигурным сердечником;

- ОК ленточного типа.

При конструировании ОК необходимо выбирать:

• тип оптического волокна (жгут, моноволокно);

• покрытие волокна (плотное, трубчатое, комбинированное);

• место расположения силовых элементов (в центре, по периферии);

• оболочку кабеля (пластмасса, металл);

• конструкцию сердечника кабеля.

При проектировании и конструировании волоконно - оптических кабелей (ВОК) важно учитывать:

• факторы, вызывающие дополнительные затухания и чрезмерные механические деформации при всех условиях использования;

• возможные изменения геометрических размеров конструкции ОК в связи с сезонными изменениями температуры;

• затухание в 0В, полосу пропускания, числовую апертуру, минимально допустимый радиус изгиба, число волокон в кабеле, предельно допустимые механические нагрузки. Необходимо также учитывать простоту работы с волокном и идентификацию 0В при сращивании ОК.

Указанные параметры определяются первичными характеристиками волокон: показатель преломления сердцевины и оболочки, диаметр сердцевины, толщина оболочки, коэффициент затухания в сердцевине и оболочке, а также неоднородностями на границе "сердцевина - оболочка", изгибами волокон.

При разработке конструкций ОК должны учитываться следующие условия:

• упрочнение оптического кабеля силовыми элементами с целью ограничения его вытягивания при одновременном обеспечении малых радиусов изгиба;

• сохранение постоянного расположения оптических волокон по всему сечению ОК при различных механических воздействиях;

• защита от механических и химических воздействий;

• предохранение, волокон в защитной оболочке, от изгибов, способных вызвать ухудшение оптических свойств;

• возможность достаточно простого соединения отдельных отрезков кабеля между собой и заделка их в оптические разъемы.

Поэтому, в оптические кабели, кроме волокон, закладываются:

• упрочняющие элементы, ограничивающие продольную нагрузку на разрыв в волокне;

• заполнители (например, в виде сплошных пластмассовых стержней);

• армирующие элементы для повышения стойкости кабеля против внешних механических нагрузок;

• наружные демпфирующие и защитные оболочки для предохранения от проникновения влаги, паров агрессивных веществ и внешних механических воздействий.

Из всего разнообразия конструкций кабелей, разрабатываемых и используемых в мире, можно выделить три группы:

1 группа - кабели концентрической повивной скрутки,

2 группа - кабели с фигурным сердечником,

3 группа - плоские кабели ленточного типа.

В кабелях первой группы каждый последующий повив, по сравнению с предыдущим, имеет на шесть волокон больше, например 7, 13, 19 волокон. В кабелях повивной скрутки волокна свободно располагаются внутри трубки из полиэтилена. В центре имеется армирующий элемент.

В кабелях с фигурным сердечником в центре располагается фигурный пластмассовый сердечник, в пазах которого укладываются оптические волокна. Такая структура кабеля позволяет размещать 4, 6, 8, 10 OB. BOK ленточного типа состоит из стопки плоских пластмассовых лент с вмонтированными в них оптическими волокнами. Чаще всего в ленте размещают 12 волокон, а число лент составляет 6, 8, 12.

1.3.1.2 Преимущества ВОЛС по отношению к медным КЛС

Различают два основных типа связи: линии в атмосфере (радиолинии) и направляющие линии передачи (линии связи, кабели). Линией связи называется совокупность устройств, служащих для передачи электрических сигналов от источника к потребителю.

Линейный тракт состоит из оконечной и промежуточной аппаратуры линейного тракта и оптического кабеля. Оконечная аппаратура линейного тракта (ОАЛТ) содержит: квантово-электронные модули передачи и приема (ПОМ и ПрОМ), предназначенные для преобразования электрических сигналов в оптические и обратно: преобразователи кода (ПК) для формирования помехоустойчивого линейного сигнала применительно к оптическому тракту; устройства питания, служебной связи (СС); телемеханики и телесигнализации (ТМ), (ТС) и другие вспомогательные узлы, необходимые для технической эксплуатации световодного линейного тракта.

Промежуточная аппаратура линейного тракта (ПАЛТ) содержит линейные регенераторы (ЛР), состоящие из ПрОМ, электронного регенератора (Р) и ПОМ, а также устройства питания, ТМ и ТС, СС и другие, обеспечивающие техническую эксплуатацию и контроль качественных показателей промежуточной аппаратуры.

К настоящему времени создано три типа световодов: со ступенчатым изменением профиля показателя преломления (ППП), имеющие полосу пропускания 50...60 МГц·км, с градиентным ППП, полоса пропускания которых 500...1000 МГц·км, и одномодовые с полосой пропускания несколько десятков Ггц·км . Для систем передачи общегосударственной сети наибольший интерес представляют последние два типа световодов, позволяющие использовать системы передачи большой емкости (третичную и более высокие ступени систем передач).

Важнейшим показателем, характеризующим технико-экономическую эффективность систем передачи, является длина участка регенерации. Таким образом, основными параметрами, определяющими длину участка регенерации, являются: энергетический потенциал Рп-Рпр, который зависит от степени совершенства элементов линейного тракта (излучателей и фотодетекторов), и затухание в кабеле к.

Мощность на выходе передатчика зависит от типа применяемого излучателя. В качестве излучателя используют полупроводниковые лазеры или светодиоды. Лазеры по сравнению со светодиодами имеют более узкие спектры излучения и диаграмму направленности и применяются, как правило, в линиях связи большой протяженности. Типичное значение мощности, вводимой в волокно лазеров составляет 1...5 мВт, а для светодиодов - около 0.1 мВт .

Минимальный уровень мощности на входе фотоприемника зависит от скорости передачи, типа применяемого фотодетектора и заданной помехоустойчивости (вероятность ошибки). В настоящее время в качестве фотодетекторов применяют p-i-n фотодиоды и лавинопролетные фотодиоды (ЛФД). В линиях связи большой протяженности используют ЛФД, чувствительность которых на 8...10 дБ выше за счет эффекта внутреннего умножения. Для вторичных (120 каналов) и третичных (480 каналов) систем передачи на рабочей длине волны 0.85 мкм при вероятности ошибки 10-9 допустимая минимальная мощность на входе фотоприемника составляет примерно (2...5)·10-9 Вт. Следовательно, энергетический потенциал для рассматриваемого случая составляет 50...55 дБ На длине волны 1.3 мкм чувствительность фотодетекторов ниже и энергетический потенциал равен 45...50 дБ.

Затухание кабеля зависит от длины волны и ряда факторов: поглощения в материале, рассеяния, изгибов и дефектов в световоде . Дисперсионные искажения в световодах с градиентным профилем показателя преломления практически не ограничивают длину участка регенерации систем передачи со скоростями до 140 Мбит/с. В диапазоне 1.3 мкм при использовании таких световодов могут быть реализованы системы со скоростью передачи до 34 Мбит/с и длиной участка регенерации до 30 км. При увеличении скорости передачи более 34 МБит/с из-за дисперсионных искажений необходимо либо уменьшить длину участка, либо использовать более широкополосные одномодовые светодиоды.

Линейный тракт, предназначенный для передачи цифрового сигнала, снабжается на входе преобразователем двоичного сигнала в цифровой линейный сигнал, а на выходе - преобразователем линейного сигнала в двоичный.

К линейным сигналам ВОСП предъявляются следующие требования:

спектр сигнала должен быть узким и иметь ограничение как сверху, так и снизу. Чем уже спектр сигнала, тем меньше требуется полоса пропускания фотоприемника, а соответственно уменьшаются мощность шума и его влияние. Ограничение спектра сверху снижает уровень межсимвольной помехи, а ограничение снизу - флуктуации уровня принимаемого сигнала в электрической части фотоприемника, имеющего цепи развязки по постоянному току. Минимальное содержание низкочастотных составляющих позволяет также обеспечить: устойчивую работу цепи стабилизации выходной мощности оптического передатчика;

код линейного сигнала должен обеспечивать возможность выделения колебания тактовой частоты, необходимой для нормальной работы тактовой синхронизации;

код линейного сигнала должен обладать максимальной помехоустойчивостью, которая позволяет получать при прочих равных условиях максимальную длину участка регенерации;

код линейного сигнала должен обладать избыточностью, которая позволяет по нарушениям правила образования кода судить о возникновении ошибок;

код линейного сигнала должен быть простым для практической реализации преобразования кода.

Для того чтобы передавать световые сигналы по волоконному световоду, для преобразования электрических сигналов в оптические и наоборот, в начале и конце световода требуется соответствующие передающие и принимающие элементы (рис. 1.1). [18] На стороне передатчика электрический сигнал осуществляет модуляцию интенсивности излучения источника света. Оптический сигнал вводится в волоконный световод и поступает на приемник. Здесь фотодетектор вновь преобразует его в электрический сигнал.

Волоконный световод

э

0

0

э

2

1

4

3

1 Модулятор 3 Приемник э - электрический

2 Передатчик 4 Демодулятор 0 – оптический

Рис. 1.1 Схема волоконно-оптической системы передачи

К активным элементам ВОЛС относятся источники излучения (ИИ) и фотоприемники (ФП). В качестве ИИ для ВОСП используются светоизлучающие диоды (СИД) и полупроводниковые лазеры (ПЛ). Фотоприемники предназначены для преобразования оптического сигнала в электрический, который затем усиливается и обрабатывается в электронных устройствах. Оптический передатчик (рис. 1.2) [4] предназначен для обеспечения постоянного уровня мощности (ЛД) с учетом всех дестабилизирующих факторов.

# НО

Uол

Uсо

Uсигн

ФП

СС

Модулятор

ЛД

Световод

Uсо – напряжение сигнала ошибки

Uоп – напряжение опоры

Рис. 1.2 Функциональная схема оптического передатчика

Задачей оптического приемника (рис. 1.3) является обеспечение требуемого уровня электрического сигнала на входе схемы обработки СО. Излучение из волоконного световода (ВС) подается на ФП, который преобразует оптический сигнал в электрический в виде величины фототока. Далее сигнал поступает на основной усилитель ОУ, охваченный схемой АРУ для обеспечения постоянного уровня сигнала на выходе. Одним из параметров оптического приемника является отношение Рсигн/Ршума, которое выбирается исходя из обеспечения заданного уровня ошибок. При расчете коэффициента используют понятие вероятности ошибки. Для восстановления и регенерации оптического сигнала в линии используется оптический регенератор (рис. 1.4), который состоит из оптического приемника с малошумящим усилителем регенератора импульсного электрического сигнала, ИИ модулятором и схемой стабилизации. [4]

Uсм (ЛФД)

АРУ

СО

# У

ПУ

ФП

ВС

Рис. 1.3 Функциональная схема оптического приемника

Современные регенераторы строятся с использованием интегральных микросхем. Регенератор Р работает аналогично с Рсигн в симметричных СП с тем отличием, что требуется регенерировать не квазитроичный код, как в электрических, а двоичный.

ФД

Усил

Р

М

ЛД

стабил

АРУ

Uсм

(ЛДФ)

ВС

ВС

Рисунок 1.4 - Функциональная схема оптического регенератора

Для формирования линейных сигналов ВОСП используются блочные коды вида nBmB, где n означает число кодируемых цифровых разрядов, B определяет двоичное основание системы счисления исходного кода, m - число передаваемых по ОВ двухуровневых сигналов, соответствующих n разрядам. Например, 1B2B обозначает, что один цифровой разряд передается двумя сигналами по ОВ и относительная скорость передачи в линейном тракте в 2 раза выше скорости входных символов. [26]

Наиболее простыми линейными кодами являются так называемые NRZ-коды (без возвращения к нулю) и RZ-коды (с возвращением к нулю). В NRZ-коде “1” передается импульсами, а “0” - паузой (рис.1.5а). В RZ-коде “1” передается последовательностью из импульса и паузы, причем имеет в 2 раза меньшую длительность, а “0”, как и раньше, передается паузой (рис.1.5б). Недостатком кода RZ по сравнению с NRZ является необходимость использования более широкой полосы передачи из-за применения импульсов меньшей длительности, а преимуществом его является то, что источник оптического излучения в этом случае работает в течении меньшего времени и соответственно степень деградации его параметров снижается. Согласно принятому определению RZ-код является примером 1B2B-сигнала.

Недостаток рассмотренных кодов заключается в том, что они не удовлетворяют перечисленным требованиям (за исключением последнего пункта), поэтому такие коды могут быть рекомендованы лишь на линиях небольшой протяженности при отсутствии регенерационных участков.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | | 0 | | | 0 | | | | 1 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 0 | |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | NRZ |
| а) |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | RZ |
| б) |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | BIF |
| в) |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | 2B3B |
| г) |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | CMI |
| д) |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | M |
| е) |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |

Рис.1.5 Линейные коды ВОСП

Для снижения содержания в спектре сигналов низкочастотных компонент применяют манчестерский, или бифазный, код BIF, в котором “0” передается последовательностью из паузы и импульса, а “1” - последовательностью из импульса и паузы, причем длительность импульса в 2 раза меньше длительности “1” (рис.1.5в). В данном коде отсутствует подряд более чем два идентичных символа, что определяет снижение в спектре низкочастотных компонент. Такой код также целесообразен при передачи в линиях малой протяженности без регенераторов и является примером 1B2B-сигнала.

Алгоритм образования кода 2B3B следующий: разряды 00 заменяются на 001; 01 на 010; 10 на 100 и 11 на 011. Такой код обеспечивает возможность снижения скорости передачи в линии по сравнению с 1B2B-сигналами.

К общим недостаткам рассмотренных кодов относятся следующие: невысокая помехозащищенность, сложности с выделением тактовой частоты, а также с обнаружением ошибки. По этой причине коды не могут быть рекомендованы для организации линейного тракта ВОСП большой протяженности. Введение корреляционных связей между амплитудами передаваемых двух уровневых сигналов позволяет устранять отмеченные недостатки.

В цифровых ВОСП для первичной ступени ИКМ иерархии целесообразно использовать код CMI; для вторичной - CMI и BIF; для третично - BIF и код Миллера; для более высоких ступеней - код Миллера и скремблированный бинарный сигнал в формате NRZ.

Использование многоуровневых кодов по сравнению с двух-уровневыми на городских, зоновых и магистральных сетях связи приводит к снижению энергетического потенциала системы на 15 ... 20 дБ. Поэтому многоуровневые коды рекомендуется использовать во внутриобъектовых линиях связи специального назначения.

1.4 Синхронная цифровая иерархия

1.4.1 Принципы временного уплотнения

Существует два основных способа временного уплотнения или мультиплексирования:

1. Плезиохронное уплотнение: Данный способ допускает некоторую гибкость в синхронизации. Синхронизация источников и мультиплексоров может выполняться локально. Проблемы связанные с рассинхронизированностью решаются методом согласования скорости передачи.
2. Синхронное уплотнение: Это иной способ. Синхронизация источников сигналов и мультиплексоров, в принципе осуществляется от центрального источника синхронизации. Преимущество такого метода заключается в том. что информация любого канала может быть немедленно помещена внутрь временного кадра (слота) в любом месте сети. Это позволяет быстро и гибко маршрутизировать и объединять в пакеты каналы.

1.4.2 Общие понятия об SDH

SDH – это аббревиатура от английского «Synchronous Digital Hierarcchy» – Синхронная цифровая иерархия.SDH – это способ временного уплотнения сигналов, согласно которому цифровые потоки более низкой скорости:

1544 Кбит/с

2048 Кбит/с

6312 Кбит/с

34368 Кбит/с

139264 Кбит/с

объединяются, уплотняются во времени и определенным способом размещаются внутри одного высокоскоростного цифрового потока

155,52 Мбит/с для STM1

622,088 Мбит/с для STM4

2488,320 Mбит/с для STM16

Поток STM1 объединяет 63 2 Мбит/с потоков. Поток STM4 объединяет 256 2 Мбит/с потоков или четыре плезиохронных потока 39264 Кбит/с. Поток STM16 объединяет 4 потока STM4.

1.4.3 Структура кадра SDH

SDH структура квантована по времени на единицы (кадры) длительностью 1/8000 секунды, т.е. 125 мксек. Каждый кадр SDH представляет из себя «контейнер» куда может «складываться информация от более низкоскоростных цифровых потоков».

Структура кадра STM-1 приведена на рисунке 1.7

1. Pay load – область, где размещается информация, поступающая во входных потоках низшего уровня. Т.е. полезная нагрузка.
2. RSOH – служебная информация, формируемая внутри самой системы передачи и предназначенная для мультиплексоров, работающих в режиме регенератора.
3. MSOH – служебная информация, формируемая внутри самой системы передачи и предназначенная для мультиплексоров, работающих в режиме ввода/вывода.
4. Pointer- указатель – информация по которой система определяет место (адрес) начала так называемого «Виртуального контейнера VC4» внутри области Pay load.

Области RSOH и MSOH называются «Заголовком секции».

|  |  |
| --- | --- |
| RSOH |  |
| Сукция регенератора | Область размещения полезной нагрузки. |
| (3х9=27 байт) | Pay load. |
| Pointer Указатель 9 байт |  |
|  | 9- Рядов. 261 – Колонка. |
| MSOH |  |
| Секция мультиплексора | (9х261=2349 байт) |
| (5х9=45 байт) |  |

Рис. 1.7 Структура кадра STM-1

На рис. 1.8 представлен отдельно «Заголовок секции».

RSOH

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A1 | A1 | A1 | A2 | A2 | A2 | C1 | NU | NU |
| B1 |  |  | E1 |  |  | F1 |  |  |
| D1 |  |  | D2 |  |  | D3 |  |  |

MSOH

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| B2 | B2 | B2 | K1 |  |  | R2 |  |  |
| D4 |  |  | D5 |  |  | D6 |  |  |
| D7 |  |  | D8 |  |  | D9 |  |  |
| D10 |  |  | D11 |  |  | D12 |  |  |
| Z1 | Z1 | Z1 | Z2 | Z2 | Z2 | E2 | NU | NU |

Рис. 1.9 Заголовок секции

Назначение байтов «Заголовка секции».

A1, A2 – байты кадровой синхронизации (фрейм)

B1 – байт паритета (четности)

B2 – байты паритета (исключая секцию RSOH)

D1D3 - байты канала управления и сигнализации («ЕМС», или иначе «DСС»)

D4D12 - байты канала управления и сигнализации («ЕМС», или иначе «DСС»)

E1, E2 – служебный канал. При включении спец. телефонов позволяет вести разговор операторов.

K1, K2 – при конфигурации двух элементов в плоское кольцо обеспечивают автоматическое переключение каналов.

F1 – канал пользователя.

Z1, Z2 – пока в стандарте не определены, но будут использованы для оценки качества тактовой частоты для синхронизации узла.

NU – байты национального использования.

Байты в непомеченных ячейках пока не стандартизованы.

В области Pay load (информационной части кадра) полезная информация размещается в так называемых «виртуальных контейнерах». В информационной части может размещаться один «виртуальный контейнер» VC-4 или три «виртуальных контейнерах» VC-3 (см. рис. 1.10 и 1.14).

261 байт

|  |  |
| --- | --- |
| J1 | VC-4 |
| B3 |  |
| C2 | Полезная |
| G1 |  |
| F2 |  |
| H4 | информация |
| F3 |  |
| K3 |  |
| N1 |  |

Рис. 1.10 Один «виртуальный контейнер» VC-4

Назначение байтов Path Overhead – заголовков «виртуальных контейнеров»:

J1 – путь сигнала

B3 - контроль четности (коэффициент ошибок

C2 – маркер сигнала

G1 – статус пути

F2 – пользовательский канал

H4 – индикатор нескольких кадров

F3 – пользовательский канал

K3 – защита пути (верхний уровень)

N1 – мониторинг последовательно соединенных участков

87 байт 87 байт 87 байт

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| J1 |  | J1 |  | J1 |  |
| B3 |  | B3 |  | B3 |  |
| C2 |  | C2 |  | C2 |  |
| G1 |  | G1 |  | G1 |  |
| F2 |  | F2 |  | F2 |  |
| H4 |  | H4 |  | H4 |  |
| F3 |  | F3 |  | F3 |  |
| K3 |  | K3 |  | K3 |  |
| N1 |  | N1 |  | N1 |  |

261 байт

Рис. 1.11 Три «виртуальных контейнера» VC –3

1.4.4 Построение «кольцевой» структуры SDH

Общий вид кольцевой синхронной структуры приведен на рис. 1.12

синхронный

мультиплексор

синхронный

мультиплексор

синхронный

мультиплексор

синхронный

мультиплексор

Рис. 1.12 Общий вид кольцевой синхронной структуры

В условиях города это самое рациональное решение. Во-первых, завязав все АТС в «кольцо» мы практически получаем соединение всех АТС по принципу «каждая с каждой», при этом протяженность межстанционных линий резко сокращается. Во-вторых, при использовании аппаратуры SDH уровня STM4 можно организовать самозаживляющиеся кольца, что ведет к повышению надежности связи. Так, даже при разрыве кольца в одном месте, связь не будет потеряна. При организации кольцевой схемы повышение надежности достигается также использованием двух путей передачи «Path Protection» (см. рис. 1.13)

синхронный

мультиплексор

Линейная Коммутационное

карта поле

Синхронный

мультиплексор Трибутарный

модуль

Рабочий

канал

Резервный

канал

2 Мбит/с сигнал

Рис. 1.13 Организация кольцевой схемы с использованием двух путей передачи.

Повышение надежности можно добиться также резервированием передающей аппаратуры SDH, в частности резервированием 1+1 линейных трактов и резервированием 1:n трибутарных модулей 2 Мбит/с, резервированием коммутационного поля синхронного мультиплексора.

При расширении сети или при необходимости можно организовать соприкасающиеся кольца или кольца с поперечными сечениями.

Глава 2 Основные расчеты и параметры оптического волокна

2.1 Расчет числа каналов связи

Число каналов для участка Семипалатинск - Алматы рассчитывается, исходя из численности населения, проживающего в этих пунктах. Численность может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения. Обычно перепись населения производится один раз в пять лет, поэтому важно учитывать прирост населения. Воспользуемся данными переписи 1997 г : в г. Усть-Каменогорске – 460 тыс.чел., в г.Семипалатинске около 500 тыс.чел., в г. Алматы-1,6 млн.чел.

Таким образом, количество населения в этих пунктах, а также окрестностях с учетом среднего прироста определяется:

 (2.1)

где Н0 – число жителей на время проведения переписи населения, чел.;

ΔН – средний годовой прирост населения в данной местности, %, (принимается (2-3)%);

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

Год перспективного проектирования принимается на 5÷10 лет вперед по сравнению с текущим годом. Если в проекте принять 5 лет вперед то:

t=5+(tn-to) (2.2)

где tn –год составления проекта; tn = 2002 год

to – год, к которому относятся данные Но ; to = 1997 год

t=5+(2002-1997)=5+5=10 лет

По формуле (2.1) рассчитаем численность населения в городе Семипалатинске и в городе Алматы:

= 500000 х (1+2/100)10 = 609497

= 1600000 х (1+2/100)10 =1950391

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

 (2.3)

где α и β - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; обычно потери задаются равными 5%, тогда α=1,3; β=5,6;

у- удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, у=0,15 Эрл.;

КТ – коэффициент тяготения, колеблется в широких пределах от (0,1 до 12)%. В проекте принимаем КТ=12%, т.е. КТ=0,12;

ma и mб – количество абонентов, обслуживаемых тем или иным оконечным пунктом, определяется в зависимости от численности населения, проживающего в зоне обслуживания. Принимая средний коэффициент оснащенности населения телефонными аппаратами равные 0,3, количество абонентов будет определяться как:

m =0.3⋅Ht  (2.4)

ma=0.3⋅= 0,3⋅609497 = 182849 чел.

mб=0.3⋅= 0,3⋅1950391 = 585117 чел.

Теперь по формуле (2.3) находим nmлф:

nmлф =1,3 х 0,12х 0,15 х (182849 х585117)/( 182849 +585117) +5,6 = 3266

Учитывая, что первичный цифровой канал 2Мб/с состоит из 30 стандартных каналов, получим:

3266 / 30 = 109 х 2Мб/с потоков или 3270 каналов.

По кабельной линии передачи организуются каналы других видов связи, а также учитываются транзитные каналы.

Общее число каналов по данной системе требуется:

N=Nтлф + Nв + Nтр (2.5)

где Nв – число каналов ТЧ для передачи сигналов вещания, под вещание отводится 1 х 2Мб/с поток;

Nтр – число транзитных каналов. В число транзитных каналов входят каналы связи областных центров с районными центрами, а также каналы для связи Казахстана с ближним и дальним зарубежьем. Для связи областных центров с районными предусматривается 15 х 2Мб/с потоков. Для связи областных центров с МЦК-2 в Астане: Семипалатинск -10 х 2Мб/с потоков;

Усть-Каменогорск -10 х 2Мб/с потока; Аягуз - 2 х 2Мб/с потока; Талды Корган - 5 х 2Мб/с потока; Алматы –40 х 2Мб/с потока.

Для связи областных центров с МЦК-1 в Алматы: Семипалатинск -10 х 2Мб/с потоков; Усть-Каменогорск -10 х 2Мб/с потока; Аягуз - 3 х 2Мб/с потока; Талды – Корган - 15 х 2Мб/с потока.

Итого для связи Казахстан – Казахстан необходимо 115х2Мб/с потоков. Кроме этого учитывая, что магистраль будет обеспечивать выход стран средней Азии на Россию, необходимо дополнительно:

Узбекистан- РФ 5 х 2Мб/с потока;

Узбекистан- Украина- 3 х 2Мб/с потока;

Киргизия- РФ- 2 х 2Мб/с потока;

Туркмения-РФ -3 х 2Мб/с потока;

Казахстан – РФ -37 х 2Мб/с потока

Итого транзит на РФ -50 х 2Мб/с потока

Всего транзитных потоков 165 х 2Мб/с потока

N = 109 + 1+165= 275 х 2Мб/с потоков или 8250 каналов.

Учитывая, что будет организована кольцевая схема организации связи необходим 100% резерв потоков, тогда

Nобщ = 275 х 2 = 550 х 2Мб/с потоков, 16500 каналов.

Проведем еще один анализ:

STM-1 имеет 63 х 2-х мегабитных потоков или1890 каналов.

STM-4 вмещает 63 х 4= 252 х 2Мб/с потока, 7560 каналов. Это не удовлетворяет нашим потребностям, следующая в иерархии система передачи STM-16 которая вмещает 63 х 16 = 1008 х 2Мб/с потока или 30240 каналов. Что соответствует проектной емкости.

2.2 Выбор волоконно-оптического кабеля

# Для обеспечения работы STM-16 по схеме 1+1 (резерв) необходимо 4 волокна. Точно также 2 основных и 2 резервных для организации зоновой связи. С учетом перспективы развития и выходом на север подходит

# 12-волоконный кабель фирмы SIECOR с одномодовыми волокнами и ступенчатой дисперсией A-DF(ZN)2Y3X4E9/125 0.38F3.5+0.22H18 со скоростью передачи информации 622,080 Мбит/с, работающий на длине волны =1550 нм. Кабель 12-волоконный, т.е. 6 волокон в одном направлении (7560х6=45360 каналов) и 6 в обратном (45360 каналов). Таким образом, 45360-16500 = 28860 каналов будут резервными. Приведем характеристики выбранного кабеля:

* 1-12 одномодовые волокна;
* рабочая длина волны 1550 нм;
* неметаллический центральный элемент;
* оптические модули со скруткой типа SZ;
* пустоты и оптические модули заполнены гидрофобным материалом;
* внешняя оболочка из полиэтилена;
* кабель полностью диэлектрический;
* пригоден для прокладки в кабельной канализации.

Оптические характеристики кабеля приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1- оптические характеристики кабеля типа A-DF(ZN) 2Y 3x4 E9/125 0.38F3.5+0.22H.18

|  |  |
| --- | --- |
| Диаметр пятна модового поля (1550нм) | 10,5мкм+/-1,5мкм |
| Диаметр волокна с покрытием | 125мкм+/-2мкм |
| Погрешность концентричности пятна модового поля | ≤ 1мкм |
| Некруглость покрытия | ≤ 2% |
| Профиль коэффициента преломления | N1 шаговой |
| Тип | N2 согласующее покрытие |
| Показатель преломления сердцевины для 1550нм | 1,4681 |
| Числовая апертура | 0,13 |
| Критическая длина волны волоконного кабеля | ≤ 1250нм |
| Затухание при 1550нм | ≤ 0,22 дБ/км |
| Дисперсия при 1550нм | ≤ 18пс/(нм ⋅ км) |

Сердечник волоконно-оптического кабеля (ВОК) с более высоким коэффициентом преломления по сравнению с оболочкой, состоит из SiO2 (двуокись кремния) с добавкой GeO2 (двуокись германия).

Материал для покрытия волокна SiO2 (двуокиси кремния). Основное покрытие – апоксиакрелат. Он применяется в двух слоях, различных модулей. Внутренний слой немного мягче, чем наружный. Это защищает стекловолокно от потерь при микроизгибах и от образивных износов. Размеры основного покрытия составляет 250мкм ± 15мкм. Основное покрытие легко удаляется с помощью механических инструментов, для снятия покрытия. Не требуется никаких химических составов для удаления покрытия.

Контрольное испытание нагрузки: 8N в 1 секунду; напряжения: 1% сопротивление разрыву волокна по крайней мере: 150N/mm2. Волокно размещается в оптическом модуле, называемом буферной трубой. В буфере можно разместить одно или более волокон; волокна свободно лежат в трубе, статистически в центре трубы. Благодаря скрутке буфера сверхпротяженность составляет около 0,3-0,5%. Это означает, что если к кабелю применяется растягивающее усилие, а отсюда и к сердечнику, относительное удлинение в широком диапазоне не повлияет на нагрузку волокна, и не будет наблюдаться увеличение затухания.

Метод буферной трубы также применяется в случае сжатия или расширения кабеля из-за перепадов температур. Структура также хороша как защита против поперечного сжатия. Используется SZ – скрутка с чередованием направления повива. При SZ скрутке направление ее меняется через определенное число витков, поэтому скручиваемые элементы описывают вдоль оси кабеля сначала форму S, а затем после смены направления форму Z. В точке смены направления они лежат параллельно оси кабеля. При SZ скрутке вследствие упругости скручиваемых элементов необходимо положить вокруг них по спирали фиксирующую липкую ленту для того, чтобы удерживать их в правильном скрученном состоянии. Технические характеристики кабеля приведены в таблице 2.2.

2.3 Расчет длины участка регенерации ВОСП

Необходимо рассчитывать две величины длины участка регенерации по затуханию:

La max – максимальная проектная длина участка регенерации;

La min – минимальная проектная длина участка регенерации.

Для оценки величины длин участка регенерации могут быть использованы следующие выражения:

 (2.6)

 (2.7)

где Amax, Amin (дБ) – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания аппаратуры ВОСП.

Aok(дБ/км) – километрическое затухание в оптических волокнах кабеля;

Aнс(дБ) – среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного оптического соединителя на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации;

Lстр (км) – среднее значение строительной длины кабеля на участке регенерации;

Аpc (дБ) – затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя;

n – число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

M (дБ) – системный запас ВОСП по кабелю на участке регенерации;





2.3.1 Программа для расчета длины регенерационного участка

10 CLS

20 l = 5E-10

30 M = .3098

40 PRINT "Допустим, L="; l; " и M="; M

50 t = l \* M

60 PRINT "Тогда по формуле t = L \* M, t="; t

70 l2 = 1.55E-06

80 l1 = l

90 n1 = 1.46775

100 D = .003

110 c = 300000

120 t3 = t

130 PRINT "Данные для волноводной и суммарной дисперсии:"

140 PRINT "l1="; l1; "l2="; l2; "n1="; n1; "d="; D; "c="; c; "t3="; t3

150 t1 = (l1 / l2) \* ((2 \* n1 ^ 2 \* D) / c)

160 PRINT "Посчитаем волноводную дисперсию"

170 PRINT "t1 = (l1 / l2) \* ((2 \* n1 ^ 2 \* d) / c), отсюда t1="; t1

180 t2 = t3 + t1

190 PRINT "t2="; t2

200 F = 1 / t2

210 PRINT "Следовательно, ширина пропускания световода:"

220 PRINT "F="; F

230 l3 = 6

240 F1 = 2.5E+09

250 PRINT "Значит, если F1="; F1; "ГГц"

260 PRINT "и строительная длина кабеля l3="; l3; "км"

270 l4 = (F ^ 2 / F1 ^ 2) \* l3

280 PRINT "Тогда по формуле для вычисления длины регенерационного участка:"

290 PRINT "l4 = (F ^ 2 / F1 ^ 2) \* l3"

300 PRINT "l4="; l4

310 PRINT ""

320 PRINT "длина PУ с учетом затухания"

330 PRINT "Исходные данные:"

340 M = 11

350 P1 = 45

360 P2 = 15

370 B = .05

380 c = 6

390 h = .22

400 PRINT "M="; M; "h="; h; "B="; B; "c="; c; "P1="; P1; "P2="; P2

410 A = P1 + P2

420 G = (A - M) / (h + B / c)

430 D = -27.5

440 PRINT "И, если D="; D

450 G1 = (ABS(D) - M) / (h + B / c)

460 PRINT "и длина РУ без усилителей и предусилителей"; G1

470 PRINT "Длина РУ без бустеров"

480 P3 = 6

490 PRINT "Если уровень вых. сигнала ОПУ ="; P3

500 A1 = A - P3

510 G2 = (A1 - M) / (h + B / c)

520 PRINT "Тогда G="; G, "G1="; G1, "G2="; G2

530 END

2.4 Расчет участка регенерации

ВОКМ состоит из проложенных и срощенных строительных длин кабеля и проходит до первых разъемных соединений на своих концах. Наиболее важными передаточными параметрами, которые должны быть учтены при проектировании волоконно-оптических кабельных магистралей являются затухание и ширина полосы пропускания применяемых волоконных световодов, потери в разъемных соединителях, ответвителях, устройствах ввода-вывода и т.д., а также запас который необходимо закладывать в проект на аппаратуру, запас для компенсации потерь при ремонте неразъемных соединений, поскольку кабельные магистрали проектируются на длительный период эксплуатации. Характеристики ВОК должны обеспечить максимальную длину участка регенерации Lр. Регенераторы практически полностью восстанавливают первоначальную форму сигнала и его положение во времени, поэтому Lр является одним из основных параметров ВОЛС. Для кабеля с применением волокна фирмы Siecor A-DF(ZN)2Y 3х4 E9/125 0.38 F3.5+0.22H18 строительная длина 6000 м., поток STM-16 со скоростью передачи 2,5 Гбит/с. В приложении 5 приведена блок-схема организации связи с использованием синхронных мультиплексоров SMA-16 линейных модулей SLD-16 фирмы Siemens, состоящих на передаче из мультиплексоров, передатчиков и усилителей; на приеме: усилителей, приемников и демультиплексоров.

Таблица 2.2 - технические характеристики кабеля тип A-DF(ZN) 2Y 3x4 E9/125 0.38F3.5+0.22H.18

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число волокон | 2 – 30 | 32 – 48 | 50 – 96 |
| Диаметр приблизительно (мм) | 10,3 | 12,3 | 13,8 |
| Вес, приблизительно (кг/км) | 85 | 125 | 141 |
| Минимальный радиус изгиба, мм  Во время монтажа  В установленном виде | 300  200 | 350  250 | 400  300 |
| Прочность на растяжение, Н  Короткий срок (во время монтажа)  Длительный срок (смонтированный) | 2700  1300 | 2700  1300 | 2700  1300 |
| Напряжение при сжатии/при раздавливающем напряжении (полностью реверсивное увеличение затухания) (Н/10см) | 2000 | 2000 | 2000 |
| Сопротивление удару (Е=3Nm, r=300mm) (полностью реверсивное увеличение затухания) (импульсы) | 30 | 30 | 30 |
| Диапазон температуры при транспортировки и хранении (0С) | -30...70 | -30...70 | -30...70 |
| Диапазон температуры при монтаже (0С) | -5...50 | -5...50 | -5...50 |

Технические характеристики оборудования линейного тракта SMA-16 соответствуют нормам МСЭ и имеют следующие параметры на длине волны равной 1550 нм:

Уровень оптической мощности на выходе передатчика: Рвых пер= -3…2 дБ;

Уровень оптической мощности на выходе усилителя: Pвых ус=13…16 дБ;

Уровень оптической мощности на входе предусилителя: Рвх предус= -45…-15 дБ;

Уровень оптической мощности на входе приемника: Рвх пр = -36…-8;

Функциональные схемы оконечного оборудования приведены в приложениях.

Учитывая, что самый протяженный участок магистрали Семипалатинск Шемонаиха - 171 км, сделаем расчет для этого участка.

Найдем число муфт на данном участке :

L=171 км; Строительная длина кабеля Lстр=6 км.:

Nмуфт =L/Lстр-1=171/6+1=30 муфт (2.8)

Определим затухание кабеля:

Sк=0,22⋅171=37,62 дБ

Sк-затухание кабеля, 37,62 дБ

Аэзап – эксплуатационный запас аппаратуры, 3 дБ;

Арс – потери в разъемных соединителях, 0,15 дБ;

Аэзк – эксплуатационный запас кабеля, 3 дБ;

α - погрешность Δ измерения затухани

Δα = Nмуфты⋅ Анс (2.9)

где Анс – среднее значение неразъемного соединения, 0,05 дБ.

Δα = 30⋅0,05 = 1,5 дБ .

Тогда общее затухание составит:

Sобщ=Sк+ Аэзап+4Арс+Аэзк+ Δα = 37,62+3+0,6+3+1,5 = 45,72 дБ(2.10)

Уровень на входе приемника будет :

Рвх = 2 дБ – 45,72дБ= - 43,72 дБ

Уровень сигнала на входе приемника будет ниже нормы, а следовательно необходим бустер на передаче, который усиливает уровень сигнала на 13дБ.

Тогда уровень на приеме будет:

Рвх = 2дБ+13дб-43,72дБ= -28,72 дБ

Это соответствует норме.

Определим длину регенерационного участка не требующего дополнительного предусилителя.

Учитывая то, что уровень сигнала Рвх не должен быть меньше –36дБ, а на длине участка 171 км мы получили затухание 45,72 дБ , то превышение затухания составит:

а=45,72дБ-36дБ=9,72 дБ

Тогда длина регенерационного участка без предусилителя равна:

Lрег= 171- 9,72/0,22= 126,8 км

Учитывая данные расчетов на шести участках необходимо использовать предусилители. Это участки:

- Семипалатинск – Шемонаиха (L=171 км.)

- Усть-Каменогорск – Георгиевка (L=155,2 км.)

- Жангизтобе – Аягуз (L=169 км.)

- Таскескен – Учарал (L=142,9 км.)

- Учарал – Сарканд (L=151 км.)

- Сарканд – Талдыкоран (L=162,7 км.)

## 2.5 Расчет основных характеристик оптического волокна

Качество ОК проверяется с использованием общепринятых методов измерений. Требуется установить стандарты на параметры ОВ и соответствующие методы измерения. На европейском уровне за разработку таких стандартов отвечает Рабочая группа 28 Комитета по электронным компонентам CENELEC, на всемирном уровне - Технический комитет 86 Международной электротехнической комиссии.

Важнейшим обобщённым параметром волоконного световода, используемым для оценки его свойств, является нормированная частота V Она получается суммированием аргументов цилиндрических функций для сердцевины (g1 a) и оболочки (g2 a):

V=((g1 a)2 - (g2 a)2)1/2=((k12 - b2)+(b2 - k22))2=(k12- k22)1/2=2· π· a(n12 - n22)1/2/ =2 ⋅ 3.14 ⋅ 4,5 ⋅10-6 ⋅ 0.13 / ( 1.55⋅10-6 ) = 2,3702 (2.11)

где -a радиус сердцевины оболочки, а = 4,5 мкм;

n1 - показатель преломления сердцевины, n1=1,4681;

n2 - показатель преломления оболочки, n2=1,4623.

Произведем расчет параметров кабеля, исходя из того, что мы имеем одномодовые волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с диаметром сердцевины 2а=9мкм и критической длиной волны λ=1250нм, диаметр поля моды 2ω0 при длине волны 1550нм.

2ω0≈ (2,6⋅λ / Vc ⋅λc)⋅2a (2.12)

где λ - рабочая длина волны, нм;

λс – критическая длина волны, выше которой в световоде направляется только основная мода;

Vc – критическая нормированная частота, для одномодового режима Vc=2,405.

λ=1550нм: 2ω0≈(2,6⋅1550/2,405⋅1250)⋅9=12мкм

Если одномодовые ВС имеют изгибы или соединения, то размер диаметра поля моды является важным фактором влияющим на характеристики затухания. Так, увеличение диаметра поля моды приводит к ухудшению пропускания света в изгибах, но уменьшает потери в разъемных и неразъемных соединениях.

Апертура – это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, попадающего в торец волоконного световода, при котором выполняется условие полного внутреннего отражения.

Рассчитаем показатель преломления оболочки n2, исходя из оптических характеристик кабеля числовая апертура NA=0,13

Известно что:

 (2.13)

n1 – показатель преломления сердцевины, 1,4681.

Тогда:

n2=

n2=

Учитывая, что в световоде границей раздела сред сердцевина – оболочка являются прозрачные стёкла, возможно, не только отражение оптического луча, но и проникновение его в оболочку. Для предотвращения перехода энергии в оболочку и излучения в окружающее пространство необходимо соблюдать условие полного внутреннего отражения и апертуру.

Известно, что при переходе из среды с большей плотностью в среду с меньшей плотностью, то есть при n1>n2, волна при определённом угле падения полностью отражается и не переходит в другую среду. Угол падения, начиная с которого вся энергия отражается от границы раздела сред, при wp=в, называется углом полного внутреннего отражения:

 (2.14)

где: m и e - соответственно магнитная и диэлектрическая проницаемости сердечника(m1,e1) и оболочки (m2,e2). При wp<в преломлённый луч проходит вдоль границы раздела «сердцевина – оболочка» и не излучается в окружающее пространство.

При wp>в энергия, поступившая в сердечник, полностью отражается и распространяется по световоду. Чем больше угол падения волны, wp>в в пределах от в до 90 градусов, тем лучше условия распространения и тем быстрее волна придёт к приёмному концу. В этом случае вся энергия концентрируется в сердечнике световода и практически не излучается в окружающую среду. При падении луча под углом, меньшим угла полного отражения, wp<в , энергия проникает в оболочку, излучается во внешнее пространство и передача по световоду неэффективна.

Режим полного внутреннего отражения предопределяет условие подачи света на входной торец волоконного световода. Световод пропускает лишь свет, заключённый в пределах телесного угла а, величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения в. Этот телесный угол а характеризуется числовой апертурой:

NA=sin а=(n12 -n22)1/2= (1.46812 – 1.46232 )1/2 = 0.13

Между углами полного внутреннего отражения в и апертурным углом падения луча а имеется взаимосвязь. Чем больше угол в , тем меньше апертура волокна а . Следует стремится к тому, чтобы угол падения луча на границу сердечник - оболочка wp был больше угла полного внутреннего отражения в и находился в пределах от в до 90 градусов, а угол ввода луча в торец световода w укладывался в апертурный угол а (w<а).

Найдем критичесrий угол θс, при котором еще выполняется условие полного внутреннего отражения:

θс =  (2.15)

Зная показатели преломления оболочки n2 и сердцевины n1 рассчитаем относительную разность показателей преломления Δ:

 (2.16)

Рассчитаем SZ-структуру в ВОК:

Шаг поля полного оборота на 3600 называется шагом скрутки S.

Угол между свиваемыми элементами и поперечным сечением кабеля называется углом скрутки α. Расстояние между осью кабеля и серединой свиваемого элемента называется радиусом скрутки R.

Для данных видов кабеля шаг скрутки S=170мм и радиус скрутки R=4,3мм, тогда дополнительная длина Z будет равна:

 (2.17)

Поэтому на каждые сто метров длины кабеля свиваемые элементы длиннее на 1,25м.

Угол скрутки равен:

 (2.18)

Соответствующий радиус кривизны равен:

 (2.19)

Наряду с изгибом необходимо ограничивать растяжение и сжатие световодов в жилах, с тем чтобы в заданных диапазонах нагрузок на растяжение и температурных диапазонах в ВОК не возникали недопустимые изменения передаточных характеристик и опасность повреждения световодов. [8] Относительное изменение длины ΔL/L ВОК, т.е. допустимое удлинение Ек или сжатие Етк кабеля равно:

 (2.20)

где знак «+» для сжатия кабеля Етк;

знак «-» для удлинения кабеля Ек.

Итак, зная номинальный внутренний диаметр оболочки αi = 2мм, 12 световодов со ступенчатым (дублированным профилем) показателя преломления имеют общий зазор:

ΔR = (2.0мм – 1,0мм)/2=0,4мм

Тогда максимальное допустимое удлинение кабеля равно:

 (2.21)

## Модой называют разновидность волны, отличающейся структурой. Многомодовый характер поля означает, что электромагнитная волна, распространяющаяся по оптическому волокну образована несколькими волнами разного типа. Достаточно знать нормированную частоту V для определения режима работы световода, [7] так при V 2,405 – многомодовый, а в данном дипломном проекте V=2,3702 (2.9), т.е. одномодовый. В общем виде число мод в ВС определяется по формуле:

N=V2(1+2/n)/2 (2.22)

где n- показатель степени изменения профиля показателя преломления.

ОК характеризуются двумя важнейшими параметрами: затуханием и дисперсией.

Затухание a определяет длину регенерационных участков (расстояние между регенераторами) и для трактов оптических кабелей обусловлено собственными потерями в волоконных световодах ac и дополнительными потерями вызываемыми кабельными ak, обусловленные скруткой, а также изгибами световодов при наложении покрытий и защитных покрытии в процессе изготовления оптического кабеля.

Собственные потери ВС состоят в первую очередь из потерь поглощения ap и потерь рассеяния ar. Механизм потерь, возникающих при распространении по волоконному световоду электромагнитной энергии объясняется так: часть мощности, поступающей на вход световода рассеивается вследствие изменения направления распространения лучей на нерегулярностях и их высвечивания в окружающее пространство ( ap ), а другая часть мощности поглощается посторонними примесями, выделяясь в виде джоулева тепла

( ap +apr )

Потери на поглощение зависят от чистоты материала и при наличии посторонних примесей ( apr ) могут достигать значительной величины

(ap+apr )

Потери на рассеяние лимитируют предел минимально допустимых значений потерь в волоконных световодах. В результате a=ap+ar+apr+ak.

## Наряду с затуханием пропускная способность dF является важнейшим параметром ВОСП. Она определяет полосу частот пропускаемую световодом, и соответственно объём информации, который можно передавать по оптическому кабелю. Теоретически по волоконному световоду можно организовать огромное количество каналов для передачи информации на большие расстояния. Однако имеются значительные ограничения, обусловленные тем, что сигнал на вход приёмного устройства приходит искажённым, чем длиннее линия тем больше искажение. Данное явление носит название дисперсии и обусловлено различием времени распространения различных мод в световоде и наличием частотной зависимости показателя преломления.

Дисперсия - это рассеяние во времени спектральных или модовых составляющих оптического сигнала. Дисперсия приводит к увеличению длительности импульса при прохождении по ОК.

Дисперсия не только ограничивает частотный диапазон использования световодов, но и снижает дальность передачи по ОК, так как чем длиннее линия, тем больше проявляется дисперсия и больше уширение импульса.

#### 2.6 Расчет уровня чувствительности приемного оптоэлектронного модуля

Приводим выражение для определения уровня чувствительности Рпор цифрового ПРОМ, которое имеет следующий вид:

, (2.23)

где β = , (2.24)

Q – аргумент функции ошибок

erfc (~~z~~) = 2/

g – заряд электрона, равный 1,6 \* 10-19 Кл;

Iт – темновой ток фотодиода;

k –постоянная Больцмана, равная 1,38 \* 10-23 Вт/К\*Гц;

T – абсолютная температура, равная 300 К;

R – сопротивление нагрузки фотодиода;

M – коэффициент лавинного умножения;

Δf – полоса пропускания фотоприемника;

Si – монохроматическая токовая чувствительность фотодиода.

Подставляем значения в формулу (2.6):



Полученное значение подставляем в формулу (2.5)



Целесообразно порог чувствительности выразить в децибелах, помня, что уровень по мощности определяется относительно 1мВт, т.е.



Определим энергетический запас

S R

Р1 P2

1

2

P2 P1

R S

Э = Р1 – Р2min,

Где Р2min – порог чувствительности;

Р1 – введенная мощность (от –3 до +2)

Э1 = -3 + 38 = 35 дБ

Э2 = 0 + 38 = 38 дБ

##### Э3 = +2 – (-38) = 40 дБ

#### 2.7 Лучевой анализ распространения излучения в волокне

Лучи, распространяющиеся вдоль оси волокна, называются меридиональными. Критический режим их распространения соответствует условию

sinθc = n2/n1 (2.25)

sinθc = 1,4410/1,4675 = 0,98

θc = arcsinθc = arcsin0,98 = 78,50

Полное внутреннее отражение (ПВО) на границе раздела «сердцевина – оболочка» происходит при углах:

θс ≤ θ ≤ π/2 (2.26)

При этом луч, удовлетворяющий условию (2.25), распространяется вдоль сердцевины по зигзагообразной траектории. Поскольку явление ПВО не сопровождается потерями, то становиться очевидно, что набор лучей, удовлетворяющих условию (2.25), может обеспечить передачу светового сигнала на большие расстояния. Отметим, что в волокне имеется бесчисленное множество меридиональных сечений, в каждом из которых возможно распространение множества меридиональных лучей, удовлетворяющих условию (3.14) и, следовательно, имеющих направляющие углы θ1 (т.е. углы между волновым вектором и осью волокна) в пределах:

0 ≤ θ1 ≤ π/2-θс (2.27)

Т.о., если на торец волокна, окруженного прозрачной средой с показателем преломления n0, падают в какой-либо из меридиональных плоскостей лучи под углами θ0 к оси, то условию их волнового распространения в волокне соответствует следующее ограничение на угол падения θ0:

θ0 ≤ arcsin(n12-n22/n0)1/2 (2.28)

Выражение (3.23) нетрудно получить из закона Снеллиуса для преломления на границе входного торца:

sinθ0c/sinθ1c = n1/n0 ⇒ n0 = n1sinθ1/ sinθ0 (2.29)

а также условия (3.13) и соотношения θ1c+θс = π/2:

sinθ1c = 90-78,5 = 11,50

θ1c = 0,199

n0 = 1,4675х0,199/0,27 = 1,082

θ0 ≤ arcsin(1,46752-1,44102/1,082)1/2 = 290

Если, как чаще всего бывает, свет падает на входной торец из воздушной среды (для этого достаточно даже минимального зазора между стыкуемыми волокнами или источником света и волокном), то n0 = 1 и :

sinθ0c = (n12-n22)1/2 = Nа = 0,27 (2.30)

θ0c = 15,70

Выражение (2.30) определяет ранее известную уже величину – числовую апертуру волокна.

В результате проведенных расчетов для одномодового волокна мною сделан выбор на типе кабеля производства «SIEMENS»: A-DF(ZN)2Y. Это оптический кабель из одномодовых волокон со смещенной дисперсией световода при помощи которой можно получить полную компенсацию материальной и волновой дисперсии на любой длине волны.

2.8 Расчет предельной помехозащищённости в некогерентных ВОСП

Отношение сигнал-шум определим по формуле:

(С/Ш )пред = Р η / (h \*f \*Δ f \* MX ), (2.31)

Где Р – уровень чувствительности;

η - квантовая эффективность фотодиода, находим по формуле

η = Si\* h\* f / g (2.32)

h – постоянная планка;

f – частота оптического излучения.

Частота оптического излучения f связана с длиной волны λ сообщением

f = с / λ

 (2.33)

Подставляем значения в формулу (4.4.2)



Определим по формуле (2.31) отношение сигнал-шум:



2.8 Расчет потерь на стыковке

# Оптические потери при непосредственном соединении волокон определяются, главным образом, следующими тремя факторами:

- величиной погрешности взаимного расположения волоконных световодов;

* не идентичностью параметров соединяемых волокон;
* отражением от торцов световодов. [7]

Произведем расчет потерь на стыке.

Исходные данные

Показатель преломления сердцевины N1=1,4681

Показатель преломления оболочки N2=1,4623

Радиус сердечника А=4,5 ⋅10-6

Длина волны L=1,55⋅10-6

Скорость света С=3⋅105

Нормированная частота V=2.3702

Поперечное смещение Х=0,2⋅10-6

Перекос продольных лучей Q=0,3

Функции Бесселя: J0=0,7652 J1=0,4401

Формулы для вычисления:

Потери на поперечном сечении:

Lх=2,17⋅ , дБ

Потери на перекосе продольных лучей:

LQ= 3,31⋅10-4( , дБ

2.9.1 Программа расчета потерь при стыке на «Visual Basic» Sub Roschet

Dim N1, N2, Pi, A, L, С, Х, Q, V As Decimal

N1 = Input boх `Введите N1`

N2 = Input boх `Введите N2`

Pi = Input boх `Введите Pi`

A = Input boх `Введите A`

L = Input boх `Введите L`

C = Input boх `Введите C`

Х = Input boх `Введите Х`

Q = Input boх `Введите Q`

V = Input boх `Введите V`

Dim N As Decimal

N = (N1+N2)/2

Х11 = (2\*Pi\*A)/L

Х1 = Х11\*SQR(N1^2-N^2)

Devig . Print =cst2(Х1)+` ` + cst2(Х2)

I0 = Input boх `I0 `

I1 = Input boх `I1 `

L1 = ((Х2\*I0)/J1)^2

L2 = (Х/А)^2

LХ = 2.17\*L1\*L2

W11 = (1/(Х2^2)-1/(Х1^2))

W1 = SQR(I0/Х1\*I1))+0.5+W11

W0 = 0.816\*А\*W1

LT = ((W0\*V)/A)^2

N3 = N2(N1-N2)

LQ = 3.31Е-04\*LT\*Q\*N3

Debug. Print LХ

Debug. Print LQ

End Sub

LХ=0.013 дБ LQ=0.019 дБ

## 2.10 Оценка надежности оптического кабеля

Обеспечение надежности – это комплексная задача, включающая в себя разработку методик оценки, расчета, контроля параметров и технического обслуживания ВОЛС.

ВОСП представляет собой сложное сооружение, состоящее из большого количества различных устройств. При их работе всегда есть вероятность отказов, которые в зависимости от назначения устройства и места включения в тракт передачи могут привести к частичному или полному отказу системы передачи. Для оценки работоспособности системы производится расчет показателей надежности.

Под надежностью системы передачи принято понимать свойство системы передачи выполнять свои функции с сохранением качественных показателей в определенных пределах в течение периода эксплуатации или заданной наработки. Надежность системы передачи может быть оценена лишь после определения ряда качественных показателей и сравнения их с допустимыми значениями.

На надежность ВОЛС существенным образом влияет наличие металла в конструкции кабеля (практика показывает, что отсутствие броневого покрова приводит к увеличению вероятности повреждений от механических нагрузок).

Другим существенным фактором, воздействующим на надежность оптического кабеля, является влага (приводит к росту микротрещин на поверхности оптического волокна).

При выборе конструкции ОК надо учитывать также экономическую целесообразность и рассчитать во что обойдется увеличение надежности ВОЛС при использовании той или иной конструкции кабеля, имеющей более высокие параметры надежности. Особенно актуальна проблема обеспечения надежности при эксплуатации ВОСП, т.к. они используются для организации передачи больших объемов информации и имеют большую длину участков регенерации, т.е. более протяженные участки обслуживания.

Для определения надежности системы передачи рассчитывают следующие основные показатели: интенсивность отказов; среднее время наработки на отказ; вероятность безотказной работы; среднее время восстановления; коэффициент готовности; интенсивность восстановления; коэффициент простоя.

Расчет ведем согласно методике предложенной в литературе.

По всей длине магистрали, протяженностью l=1353 км, расположено 2 ОП. Определяем интенсивность отказов магистрали по формуле :

маг = к ⋅lк оп ⋅оп (2.34)

где маг - интенсивность отказов магистрали, 1/ч;

к , оп , нрп - интенсивности отказов кабеля, ОП, НРП , 1/ч;

lк - длина кабеля, км;

оп - количество ОП.

Учитывая, что на магистрали не применяются регенераторы, а только мультиплексоры ввода вывода рассчитаем следующим образом:

Значения к , оп ,выбираются из таблицы 9.2 [27].

маг = 0,33⋅10-6 ⋅1353 + 7⋅10-5 ⋅ 2 = 0,000045 + 0,00014 = 1,85⋅10-4

Среднее время наработки на отказ определяется как величина обратная интенсивности отказов:

Тср.маг = 1/маг = 1/ 1,85⋅10-4= 5405,4 (ч) (2.35)

Вероятность безотказной работы определяется из значения интенсивности отказов магистрали за время наблюдения t = 24 ч.:

Р(t) =  -t/ Тср.маг =  -маг ⋅ t ===1 (2.36)

Определяем среднее время восстановления магистрали по формуле:

Тв.маг = 1 / маг (к ⋅lк ⋅Тв.к оп ⋅оп ⋅Тв.оп (2.37)

где Тв.к, Тв.оп, - соответственно время восстановления кабеля, оборудования ОП , ч. из таблицы 9.2 [ 27 ].

Тв.маг = 5405,4 ⋅(0,000045 ⋅4,75 + 0,00014 ⋅ 0,5) = 0,534 (ч)

Интенсивность восстановления есть величина обратная времени восстановления магистрали

=1/ Тв.маг = 1/0,534 = 1,87 (1/ч) (2.38)

Коэффициент готовности магистрали определяем по формуле:

Кг.маг = Тср.маг / ( Тср.маг + Тв.маг) (2.39)

Кг.маг = 5405,4/(5405,4 + 0,534)= 0,999908

Коэффициент простоя:

Кп.маг = 1 - Кг.маг = 1 – 0,999908 = 0,000092 (2.40)

2.10.1 Программа для расчета надежности ВОСП

10 CLS

20 INPUT N, K, L

30 m = (100 \* N) / (K \* L)

40 L1 = m / (L \* 8760)

50 V = L1 \* L

60 PRINT "m="; m, "L1="; L1, "V="; V

70 INPUT t, V

80 FOR t = 1 TO 15

90 F = EXP(-V \* t)

100 P = V \* EXP(-V \* t)

110 PRINT "F="; F, "P="; P

120 NEXT t

130 END

Результат программного расчета

? 1.1,15,1391

m= 5.271987E-03 L1= 4.326563E-10 V= 6.01825E-07

? 0,6E-07

F= .9999994 P= 5.999997E-07

F= .9999988 P= 5.999993E-07

F= .9999982 P= 5.999989E-07

F= .9999976 P= 5.999986E-07

F= .999997 P= 5.999982E-07

F= .9999964 P= 5.999979E-07

F= .9999958 P= 5.999975E-07

F= .9999952 P= 5.999971E-07

F= .9999946 P= 5.999968E-07

F= .999994 P= 5.999964E-07

F= .9999934 P= 5.99996E-07

F= .9999928 P= 5.999957E-07

F= .9999922 P= 5.999954E-07

F= .9999916 P= 5.99995E-07

F= .999991 P= 5.999946E-07

## 2.11 Прокладка кабеля

## На проектируемом участке преобладают глинистые и суглинистые грунты. На трассе превалирует III категория грунта.

Способы прокладки кабеля в грунте должны чередоваться на трассе в зависимости от условий прокладки. Кабель может прокладываться как вручную, так и с помощью механизированных установок на соответствующих глубинах:

- 0,6 м на участках со скальными грунтами;

- 1,2 м в насыпных, песчаных и гравийных (предгорье) грунтах;

- 1,25м в супесчаных и суглинистых грунтах;

- 1,2 м в глинистых грунтах;

- до 1,5 на пахотных и поливных землях;

- 1,2 м в особо плотных грунтах, а также на пересечениях сухих русел рек и размываемых оврагов.[21]

Разработка траншей и котлованов с откосами без креплений в нескольких грунтах выше уровня грунтовых вод, с учетом поднятия, или грунтах, осушенных, допускается при глубине и крутизне откосов согласно таблице 2.3.

Таблица 2.3 - наибольшая допустимая крутизна откосов траншей и котлованов в грунтах естественной влажности при рытье без креплений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Грунт | Угол, град и крутизна откоса при глубине раскопки | | | |
|  | 1,5-3,0 м. | | более 3,0 м. | |
| Насыпной | 45 | 1:1,00 | 45 | 1:1,25 |
| Песчаный и гравийный | 45 | 1:1,00 | 45 | 1:1,00 |
| Супесок | 56 | 1:0,67 | 50 | 1:0,85 |
| Суглинок | 63 | 1:0,5 | 53 | 1:0,75 |
| Глина | 76 | 1:0,25 | 53 | 1:0,5 |
| Лес с сухой почвой | 63 | 1:0,5 | 53 | 1:0,5 |

Прокладку кабеля рекомендуется выполнять под постоянным оптическим контролем, который осуществляется по результатам измерения затухания ОВ кабеля с помощью оптического тестера или рефлектометра. Для обеспечения постоянного оптического контроля строительной длины ОК, освобождают закрепленный на щеке барабана верхний (А) и нижний (Б) концы кабеля, разделывают их и подготавливают к сварке шлейфа на оптических волокнах.

Способ прокладки ОК с использованием защитного полиэтиленового трубопровода применен в данном дипломном проекте, т.к. на трассе имеются многочисленные преграды, расположенные близко друг от друга, затруднен доступ, а также имеются грунты с твердыми включениями и районами с повышенным влиянием внешних электромагнитных полей (районы повышенной грозодеятельности, сближения с ЛЭП, железными дорогами.

Прокладка ОК осуществляется комплексными механизированными специальными машинами и механизмами общестроительного назначения (тракторы, бульдозеры, экскаваторы и др.), а также для прокладки кабеля (кабелеукладчики, тяговые лебедки, пропорщики грунта и др.). В случае, если условия местности не позволяют использовать технику, прокладка производится с выноской вручную всей строительной длины кабеля, который укладывается вдоль траншеи, а затем опускается в нее.

Строительная длина используемого нами кабеля равна 6 км, это означает, что через 6000 м мы производим монтаж оптического кабеля в местах соединения, ответвления или распределения с использованием для защиты муфт. Применяем пластмассовые муфты типа UCАО-4-9. Основными частями данной универсальной муфты являются: корпус - изготовленный из полипропиленового сополимера, обладающего долговременной стабильностью, система уплотнения - содержащая коррозионно-устойчивый герметизирующий элемент на основе селикора, обладающий долговременной пластичностью, и расположенная внутри металлическая рамка для механического соединения оболочек кабеля и пластмассовые рамки для установки кассет с гребенками соединения длин кабеля. Для определения (отыскания) трассы кабеля в процессе эксплуатации, во время строительства укладывается сигнальная лента на глубину половины залегания кабеля. Сигнальная лента состоит из 3-х медных проводников, опресованных в полиэтиленовую ленту, поставляется рулонами длиной 250 м.

Строительные работы в зоне существующих инженерных коммуникаций должны выполняться с соблюдением требований эксплуатирующих организаций, при этом предварительное шурфование является обязательным. Особенно следует обратить внимание на пересечения газопроводов – работы производить только по окончательной привязки коммуникаций и наличия профилей переходов.

Переходы через асфальтированные шоссейные дороги выполняются методом прокола в соответствии с согласованиями эксплуатирующих организаций.

Также на пересечениях с железными и шоссейными дорогами, продуктопроводами и другими коммуникациями ОК затянут в полиэтиленовые или пластмассовые трубы, которые прокладываются закрытым (горизонтальным проколом (продавливанием), бурением) или открытым способом.

На застроенных участках (городские условия) необходимо предусмотреть прокладку в телефонной канализации из асбестоцементных труб.

Пересечения мелководных, спокойных или сухих русел рек выполнять одним створом в металлической трубе.

Глава 3 Описание примененных мультиплексоров

3.1 Синхронный линейный мультиплексор с функцией ввода – вывода SLD16

Линейный мультиплексор с функцией ввода вывода SLD16 имеет два линейных интерфейса для оптических сигналов 2,5 Гбит/с (STM – 16) для которых также возможно применение механизма переключения на резерв. Он также может содержать трибутарные интерфейсы для передачи до 32 потоков 140 Мбит с. SLD16 может использоваться на кольцевых и цепочечных сетях.

Линейный терминал SLT16 – это вариант оборудования только с одним линейным интерфейсом или, при реализации переключения линии на резерв, с двумя линейными интерфейсами. В принципе, SLT16 использует такой же подстатив и модули, как и синхронный линейный мультиплексор с функцией ввода – вывода SLD16, поэтому SLD16 можно получить (путем дооснастки) в любое время.

На рисунке 3.1 показана базовая функциональная структура типов конфигурации SLD16 и SLT16 с матрицей кросс соединений для соединений VC-4 внутри SLD16 и SLT16 в типичном оборудовании.

Кроме модулей для передачи полезной нагрузки (линейные и трибутарные модули, модуль коммутационного поля SNL), также показаны модуль линий блока тактового генератора (CLL), в котором находится модуль генерации тактовых импульсов, центральный модуль управления и текущего контроля (SCU) и модуль доступа к заголовку (ОНА). Интерфейс передачи телеметрической информации (TIF) представляет собой интерфейс для внешней сигнализации.

Преобразование в оптические/электрические сигналы (и наоборот) выполняет модуль оптического интерфейса (OIS16) на маршруте передачи STM-16.

Оптический приемник модуля двунаправленных оптических интерфейсов OIS16 преобразует входящий поток STM-16 в электрический сигнал, используя лавинный фотодиод (APD). В диапазоне длин волн 1300 нм для этого используются четверичные фотодиоды. Приемники «выделяются» из-за их очень высокого динамического диапазона, поэтому планирование и хранение запасных частей в значительной степени упрощено.

При необходимости, могут использоваться оптические предусилители ОР и оптические бустеры ОВ; также возможно каскадирование.

На плоскости VC-4 (16 х STM-1) электрический поток STM-16 преобразуется во внутренний поток ISDH/ потоки VC-4 посылаются в модуль SNL систем, который образует центральный элемент с неблокирующим межсоединением линейных и трибутарных сигналов на плоскости VС-4.

Модуль SNL обеспечивает соединения между линейными, линейными и трибутарными, а также между трибутарными потоками.

В модуле OIS16 заголовок секции (SOH) разделяется и записывается во внутреннюю шину ОН системы, обеспечивая таким образом доступ к ОН соответствующих модулей. DCC взаимодействует через вторую внутреннюю систему шин, через DCC-шину.

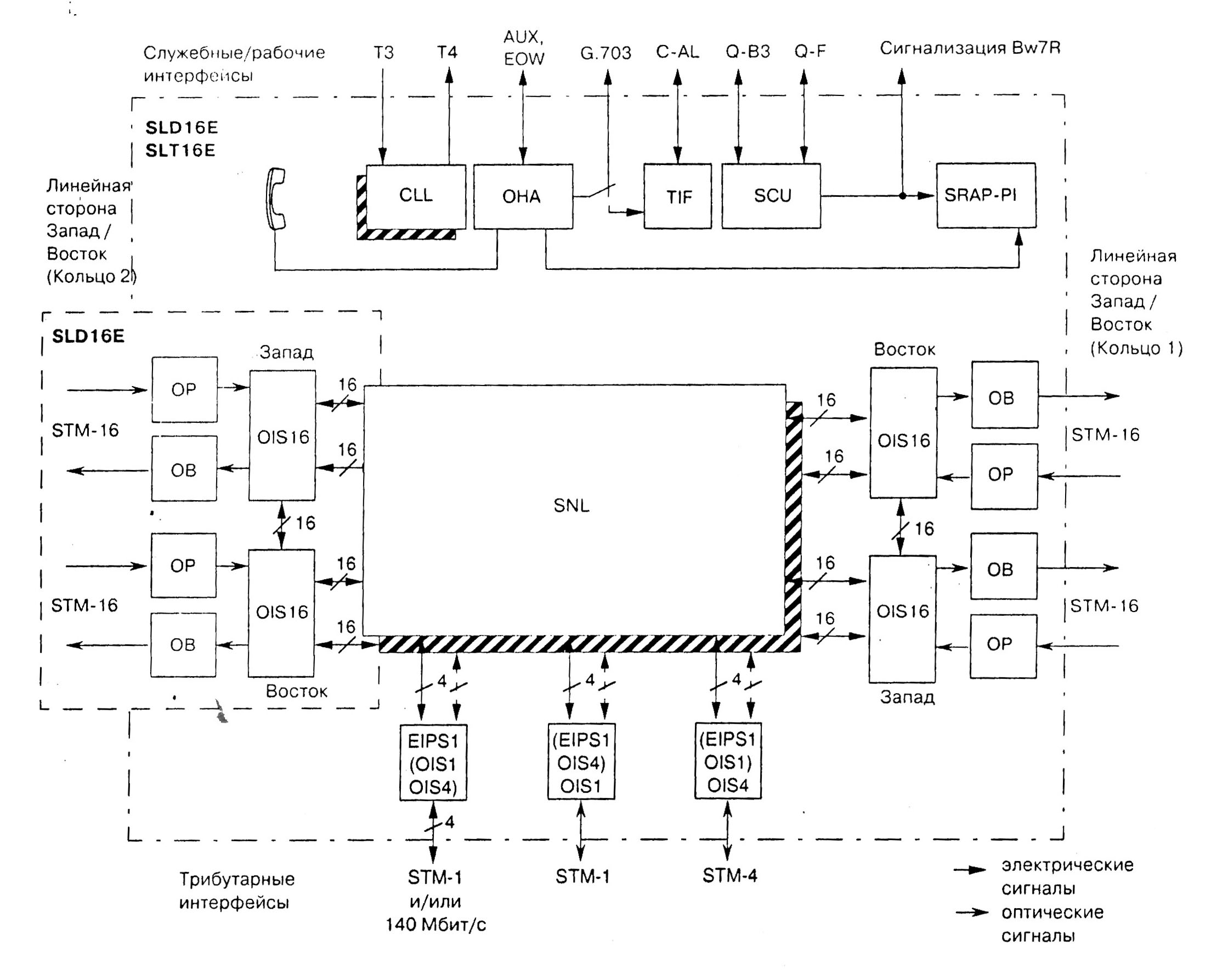


Рисунок 3.1 - структурная схема основных узлов мультиплексора SLD 16

# 3.1.1Функциональное описание модулей

Список используемых модулей

В таблице 3.1 приведен обзор используемых модулей.

Таблица 3.1 - обзор используемых модулей

|  |  |
| --- | --- |
| Краткое описание | Модуль |
| OIS16 | Оптический синхронный интерфейс STM-16 |
| OIS4 | Оптический синхронный интерфейс STM-4 |
| OIS1 | Оптический синхронный интерфейс STM-1 |
| ОР | Оптический предусилитель |
| 0В | Оптический бустер |
| EIPS1 + LTD | Модуль электрических плезиохронных/синхронных интерфейсов 140 Мбит/с/SТМ-1 и интерфейса "Блока подключения линий" |
| SNL | Коммутационное поле для линейных систем |
| OHA+TIF+2WHS | Доступ к заголовку с интерфейсным модулем "Интерфейс передачи телеметрической информации" и каналом служебной связи для двухпроводного интерфейса |
| CLL | Линия тактового генератора |
| SCU | Синхронный блок управления |

* + - 1. Модуль оптических синхронных интерфейсов STM-16 (OIS16)

Модуль OIS16 был разработан в соответствии с требованиями Рекомендации ITU-T G.957.

Краткое функциональное описание:

- STM-16 мультиплексирует/демультиплексирует поток VC-4 (полезная нагрузка и заголовок) в соответствии с ITU-T G.70x и ETSI DETM1015. - Преобразование оптического сигнала с помощью интерфейсов 1300/1500 нм в соответствии с Рекомендациями ITU-T G.957 и G.958 с аварийным выключением лазера.

- Переключение на резерв секции мультиплексора, переключение на резерв модуля.

- Подготовка тактового сигналаТ1 для MTS (Источник синхросигналов

мультиплексора).

- Административные функции с аварийными сигналами о статусе (светодиоды), проверка гнезд и электронная память для служебных данных

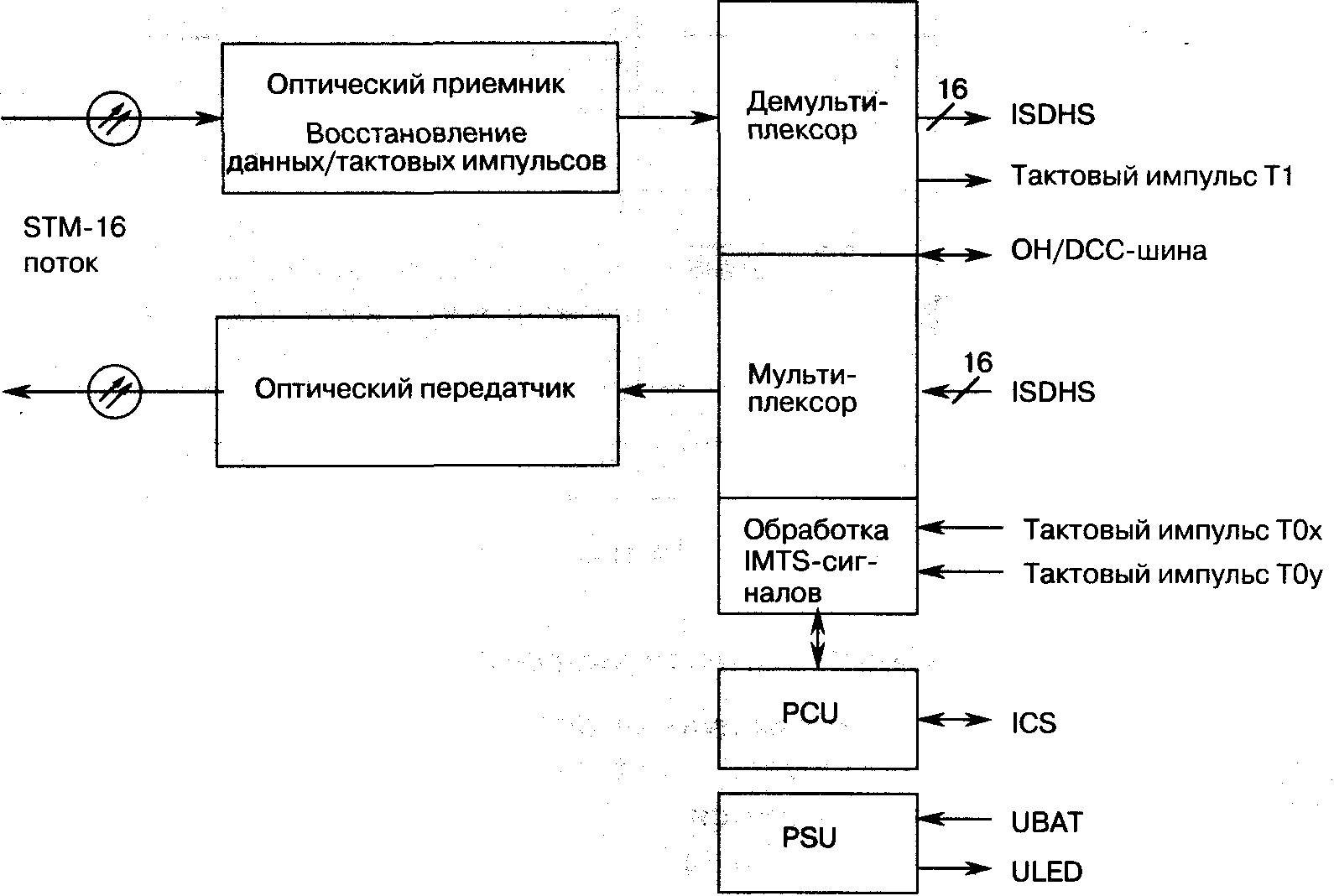
- Текущий контроль и управление полным модулем встроенным блоком PCU.

- Преобразование входного напряжения из номинальных 48 В/60 В к напряжения, необходимые для модуля, с помощью блока питания PSU.

- Загрузка программного обеспечения

- Управление конфигурацией, анализ отказов и запись информации о рабочих параметрах и качестве сигнала передачи,

На рисунке 3.2 показан основной рабочий режим модуля OIS16 (блок-схема).



DCC Канал передачи данных

ICS Внутренний канал связи

IMTS Внутренний мультиплексный источник тактовых сигналов

ISDHS Внутренний SDH-поток из/в модуль SNL

ОН Канал передачи заголовка

PCU Периферийный блок управления

PSU Блок питания

STM-N Мультиплексный поток со скоростью передачи N х 155,520 Мбит/с

ТОХ/Тоу Тактовый сигнал модуля CLL

UBAT Напряжение питания

ULED Напряжение сигнализации

Рисунок 3.2 - блок- схема модуля OIS 16

Оптический передатчик, в котором находится модуль лазера, контролирует пороговое значение, модуляцию и температуру лазера. Эти параметры через специальный PCU (Периферийный блок управления) посылаются в модуль SCU. Способ аварийного выключения лазера соответствует Рекомендации ITU-T G.958 и позволяет избегать травм персонала в случае разрыва волокна.

В качестве диодов приема используются стандартные типы или устройства типа III/V-APD. Применяется (специфический для заказчика) управляемый током усилитель напряжения, который содержит усилитель-ограничитель с дифференциальным выходом и (включенный после него) фильтр с ограниченной полосой частот. Для увеличения коэффициента усиления используется второй дифференциальный усилитель. Схема управления контролирует амплитуду сигнала 2,5 Гбит/с и управляет током смещения APD.

Выполняется контроль характеристик оптического входа и выхода. Доступ выполняется через интерфейс Q-F или Q-B3 модуля SCU. Также контролируются диод APD и температура лазера.

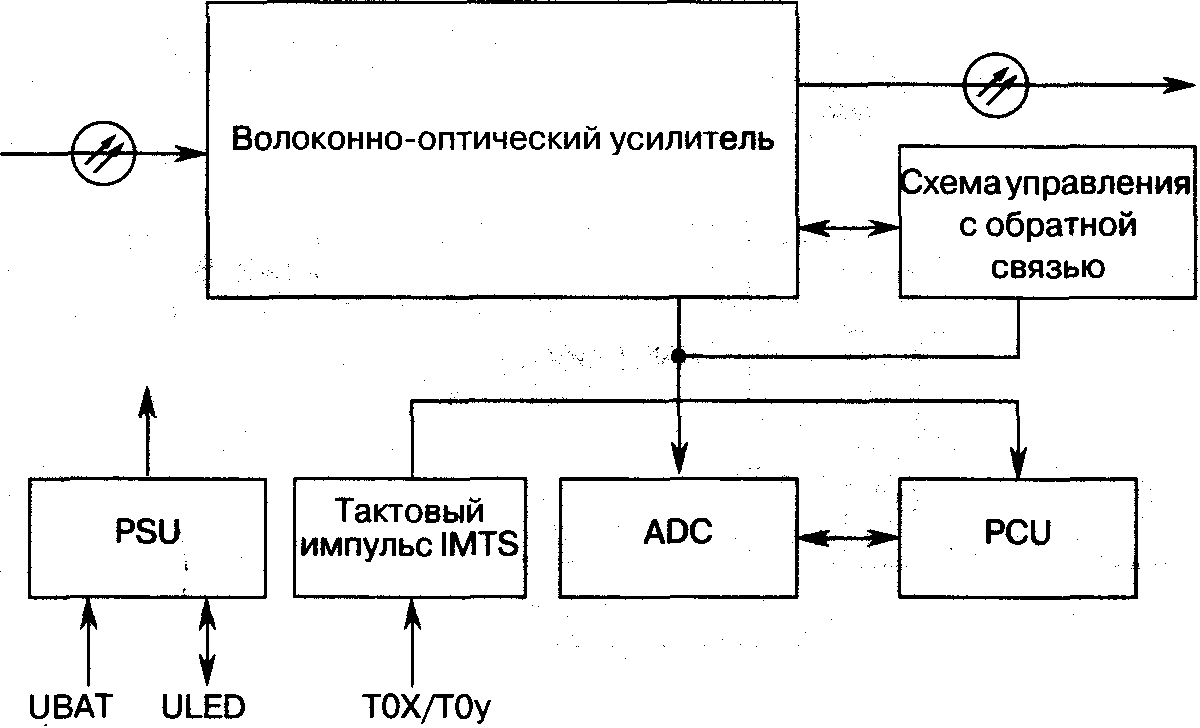
Оптические соединители находятся на передней стороне модуля. В зависимости от используемого адаптера можно подключать волоконно-оптические линии с соединителями типа Е2000, DIN, FC/PC или SC.

После оптического/электрического преобразования входящий поток STM-16 дескремблируется и преобразуется в демультиплексоре на плоскости VC-4 (16xSTM-1). Затем заголовок секции разделяется. Весь трафик, связанный с байтами заголовка В1, В2, ВЗ, J1, К1, К2, С1, обрабатывается в модуле. Остальные байты заголовка, включая байты данных D1 - D12, посылаются на системы шин (OH/DCC). Потоки VC-4 посылаются в модуль SNL как потоки ISDH. В направлении передачи потоки VC-4 (ISDH) принимаются модулем SNL, после чего заголовок секции извлекается из ОН-шины, потоки преобразуются в мультиплексоре на плоскости STM-16 и посылаются в модуль лазера.

3.1.1.2 Модуль оптического предусилителя (ОР)

ОР - это оптический предусилитель, который усиливает оптический входной сигнал с низким уровнем шума, посылаемый в приемник модуля оптического интерфейса OIS. Оптический предусилитель работает в диапазоне длин волн между 1530 нм и 1560 нм и должен иметь АРС-соединитель (высокие обратные потери). На рисунке 3.3 показан основной рабочий режим модуля оптического предусилителя (приведена блок-схема).

Модуль оптического предусилителя может работать в подстативе в любом трибутарном гнезде или в гнезде, специально предназначенном для модулей оптических усилителей. Соединение с соответствующим интерфейсом оптического приемника устанавливается внутри подстатива с помощью FO-соединений. Оптическое усиление обеспечивается волоконно-оптическим усилителем (волоконно-оптический усилитель с добавками эрбия EDFA), который работает со световым пучком накачки в диапазоне длин волн 980 нм. Для стандартного усиления используются лазеры с одномодовой накачкой, а для высоковольтного усиления - лазеры с двухмодовой накачкой. Схема усилителя содержит датчики, необходимые для контроля входного и выходного сигналов, а также параметров диода накачки.



ADC Аналого-цифровой преобразователь IMTS Внутренняя привязка по времени для формирования мультиплексного потока PCU Периферийный блок управления PSU Блок питания ТОХ/ТОу Тактовый сигнал модуля CLL (х - рабочий или у - резервный) UBAT Напряжение питания ULED Напряжение сигнализации

Рисунок 3.3 - блок-схема оптического предусилителя

3.1.1.3 Модуль оптического бустера (0В)

Оптический бустер - это оптический усилитель, который "прозрачно" усиливает световой выходной сигнал, то есть, не изменяет содержимое сигнала и оптические параметры. Он работает в диапазоне длин волн между 1530 нм и 1560нм.

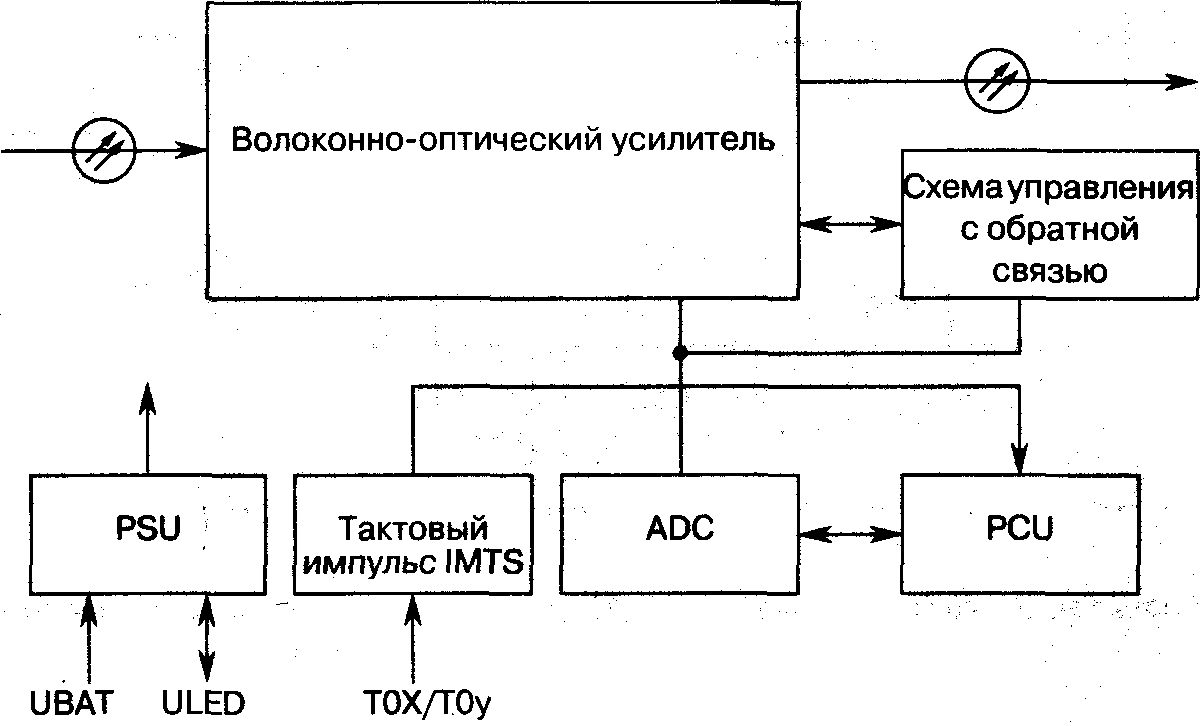
На рисунке 3.4 показана блок-схема модуля оптического бустера.

Свойства передачи оптической линии определяются выходной характеристикой оптического бустера вместе со свойствами оптического сигнала передачи. Следовательно, для 0В необходимо выбрать соответствующие модули оптических интерфейсов.

Модуль оптического бустера может работать в подстативе в любом трибутарном гнезде или в гнезде, специально предназначенном для модулей оптических усилителей. Соединение с соответствующим оптическим интерфейсом передачи устанавливается внутри подстатива с помощью FO-соединений.

Оптическое усиление обеспечивается волоконно-оптическим усилителем (волоконно-оптический усилитель с добавками эрбия EDFA), который работает со световым пучком накачки в диапазоне длин волн 980 нм

Для стандартного усиления используются лазеры с одномодовой накачкой, а для высоковольтного усиления - лазеры с двухмодовой накачкой. Схема усилителя содержит датчики, необходимые для контроля входного и выходного сигналов, а также параметров диода накачки.



ADC Аналого-цифровой преобразователь IMTS Внутренняя привязка по времени для формирования мультиплексного потока

PCU Периферийный блок управления

PSU Блок питания

ТОХ/ТОу Системный тактовый сигнал модуля CLL (х - рабочий или у -резервный)

UBAT Напряжение питания

ULED Напряжение сигнализации

Рисунок 3.4 - блок-схема оптического бустера

3.1.1.4 Коммутационное поле для модуля линейных систем(SNL)

Коммутационное поле для модуля линейных систем (SNL) выполняет функции переключения (коммутации) на плоскости VC-4 между интерфейсами передачи полезной нагрузки.

Он позволяет устанавливать соединения между:

- линейными потоками,

- линейным и трибутарным потоками,

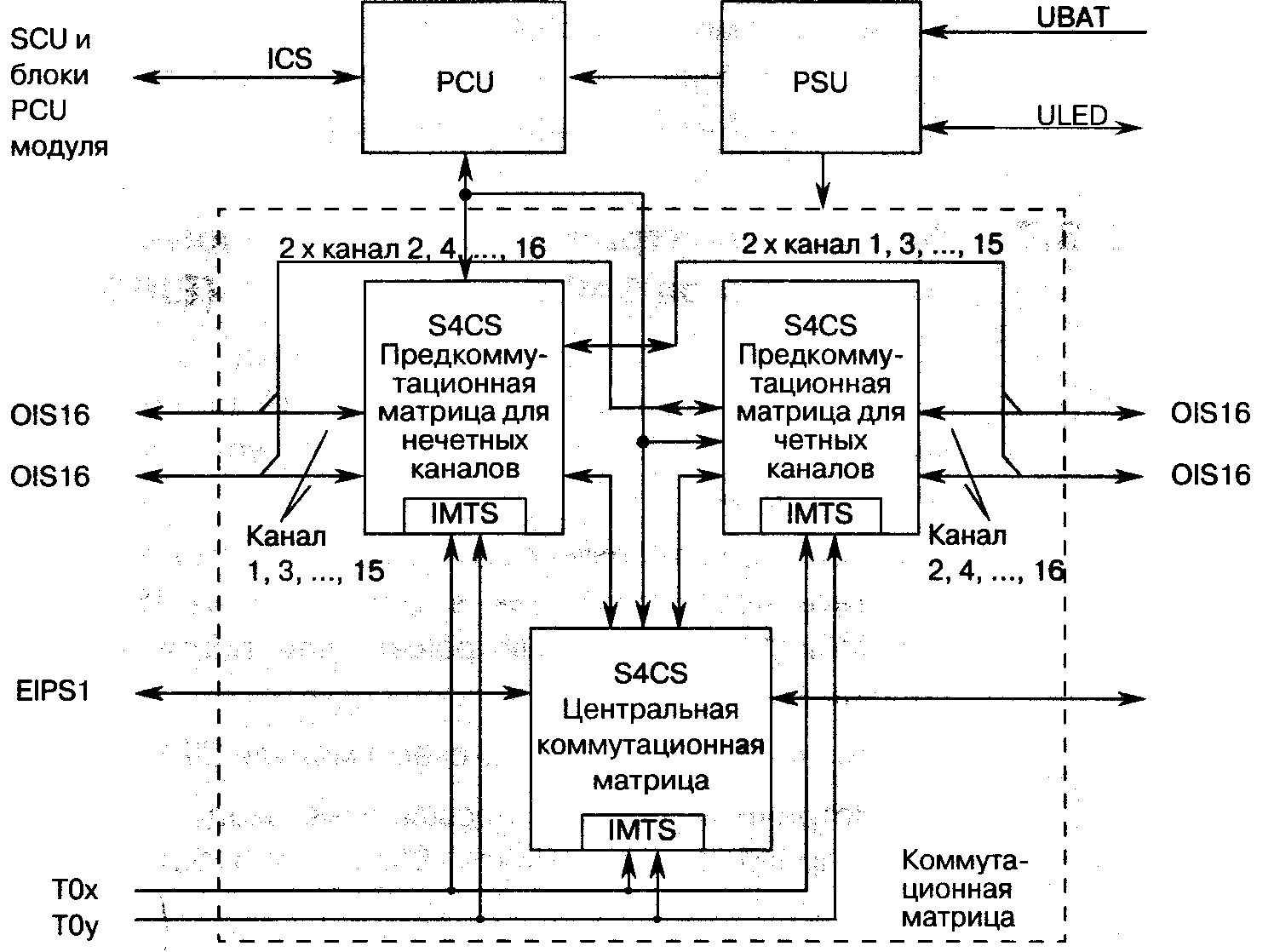
- а также между трибутарными потоками.

Также поддерживаются одно- и двунаправленные соединения, например, трафик типа drop и continue.

Встроенный блок PCU выполняет функции текущего контроля и управления всем модулем.

Для переключения на резерв могут быть установлены два модуля SNL. Они соединяются с модулями оптических интерфейсов на западной и восточной линейных сторонах, модулями трибутарных интерфейсов, двумя модулями CLL для системного тактового сигнала ТО и SCU для управления. В случае отказа, рабочий модуль SNL автоматически переключается на резервный SNL.

На рисунке 3.5 показана блок-схема модуля SNL.



EIPS1 Модуль электрических плезиохронных/синхронных интерфейсов 140 Мбит/с/SТМ-1 (интерфейсный модуль для электрических трибутарных потоков) ICS Внутренний канал связи IMTS Внутренняя привязка по времени для формирования мультиплексного потока OIS16 Модуль оптических синхронных интерфейсов STM-16 pcu Периферийный блок управления psu Блок питания SCU Модуль блока управления синхронного линейного оборудования S4CS Модуль переключателя каналов ТОХ/Тоу Тактовый сигнал модуля CLL (х - рабочий или у - резервный) UBAT Напряжение питания ULED Напряжение сигнализации

Рисунок 3.4 - блок-схема модуля SNL

* + 1. Электропитание модулей

Каждый модуль имеет собственный преобразователь напряжения, который формирует требуемое напряжение. Преобразователь напряжения запитывается от двух независимых батарей. Для устранения паразитных напряжений (шума) и помех каждый модуль содержит фильтр. Для защиты других модулей от импульсов шума при их установке/извлечении в каждом модуле предусмотрено устройство медленного запуска.

3.2 Синхронный мультиплексор SMA1K

Синхронный мультиплексор SMA1K является частью серии изделий TransXpress. Он относится к третьему поколению семейства устройств SDH2 SMA1K.

Синхронный мультиплексор SMA1K используется для линейных потоков на уровне STM-1 (155 Мбит/с) SDH-иерархии.

Помимо мультиплексирования и демультиплексирования полезной нагрузки (PDH) и сигналов заголовка (включая требуемые процедуры упаковки и распаковки), синхронный мультиплексор SMA1K выполняет следующие функции:

* обеспечение линейных окончаний,
* установление соединений,
* текущий контроль,
* операции коммутации во встроенном кросс-соединении,
* доступ к заголовку.

Синхронный мультиплексор SMA1K может быть оборудован следующими интерфейсами данных пользователей (линейный и трибутарный поток):

Таблица 3.2 - линейные интерфейсы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Иерархия | Скорость передачи информации | Соединение |
| SDH | 155 Мбит/с (STM-1) | оптическое |

### Таблица 3.3 - трибутарные интерфейсы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Иерархия | Скорость передачи информации | Соединение |
| PDH | 2 Мбит/с | электрическое |
| PDH | 34 Мбит/с | электрическое |

Синхронный мультиплексор SMA1K выполняет передачу потоков синхронной цифровой иерархии (SDH) и плезиохронной цифровой иерархии (PDH).

На рисунке 3.5 показаны организация и связь структур мультиплексирования SDH и PDH, а также их соединения друг с другом (приводятся только те тракты, которые являются возможными в SMA1K).

#### PDH

#### SDH

**AUG**

##### AU-4

#### VC-4

**140** Мбит/с

#### TU-3

#### VC-3

#### C-3

#### D34

**34 Мбит/с**

**2 Мбит/с**

#### D2

#### TU-12

#### VC-12

#### C-12

Рисунок 3.5 - структуры мультиплексирования SDH и PDH

3.2.1 Рабочие характеристики

• Версии устройств:

- Мультиплексоры с функцией вставки/вывода

- Оконечные мультиплексоры

• Возможные соединения:

- Трибутарная сторона «-» Линейная сторона

- Линейная сторона «-» Линейная сторона

• Внутренние уровни передачи:

- TU-3

- TU-12

• Пропускная способность соединения имеет значение, эквивалентное ЗхЗТМ-1 (189хVС12,двунаправленн.)

• Неблокирующее коммутационное поле

• Возможные типы передачи:

- однонаправленная передача (с переключением или без переключения на резерв)

- двунаправленная передача (с переключением или без переключения на резерв)

- Закольцовывания

- Широковещательная передача

- Выделение и продолжение

• Возможна синхронизация посредством различных информационных потоков (2 Мбит/с, STM-1), внешних тактовых сигналов (2 кГц) или внутренних высокоточных кварцевых осцилляторов

• Ресинхронизация исходящих потоков 2 Мбит/с с целью обеспечения высокоточной синхронизации удаленных блоков из SDH-сети

• Принцип текущего контроля согласно Рекомендации ITU-T G.784, основанный на ETS300417....

# Могут использоваться следующие средства отображения аварийных сигналов и сообщения об ошибках:

- Светодиодные индикаторы

- Аварийные сообщения Bw7R

- Сообщения через интерфейсы Q-F, QD2F и QD2B в терминалы LCT или NCT (локальный или глобальный) и в систему управления сетью

- Контроль плезиохронного соединения (PCS) для входящих PDH-потоков 2 Мбит/с

• Интерфейсы для локального терминала пользователя (LCT) (интерфейсы QD2F или QD2B) или сетевого терминала пользователя (NCT) (интерфейс QD2B) и для системы управления сетью (QD2B3)

• Возможность ввода идентификатора потока TTI (идентификатор трассировки трейла) в виртуальные контейнеры VC-12 и VC-3 (текущий контроль ТТI и содержание идентификатора трассировки трейла (ТТI) могу конфигурироваться отдельно для каждого виртуального контейнера (VC)). После получения соответствующего потока можно сравнить полученный в сигнал идентификатор трассировки трейла (ТТ1) с ожидаемым ТТ1.

• Возможность ввода метки потока в трейле (TSL) в виртуальные контейнеры VC-12 и VC-3 (текущий контроль TSL и содержание TSL может конфигурироваться отдельно для каждого виртуального контейнера (VC)). После получения соответствующего потока можно сравнить содержащуюся в нем метку TSL с ожидаемой меткой TSL.

• Индивидуальная загрузка программного обеспечения в каждый модуль

• Функции управления согласно соответствующим Рекомендациям ITU-T:

- Управление устранением отказов

- Управление конфигурацией

- Управление рабочими параметрами

- Управление защитой.

В частности, к этим функциям относится:

- Обработка аварийных сигналов (например, AIS, RDI) с целью локализации неправильных установок в сети передачи

- Определение местоположения неисправностей до уровня компонентов (например, местоположение неисправного модуля или неправильно выполненной функции)

- Управление данными конфигурации и их сохранение для последующего использования системой управления сетью, терминалами LCT или NCT

- Определение рабочих параметров согласно Рекомендации ITU-T G.826 для линейных и трибутарных потоков

• Опции переключения на резерв:

- Переключение на резерв соединения подсети с текущим контролем тракта (SNC/P) (переключение на резерв трактов низкого порядка по схеме 1+1)

- Переключение на резерв типа MSP по схеме 1+1 (в качестве оконечного мультиплексора)

• Резервирование плат:

Совместно с SNC/P в ADM или MSP в ТМХ (необязательн.)

• Автоматическое конфигурирование после замены модуля, если вновь установленный модуль не содержит последние данные конфигурации

• Распределенная подача питания к модулям

• Автоматическое аварийное выключение лазера в соответствии с ITU-T G.958 и IEC 825-1/-2 или EN 60825-1/-2

3.2.2 Интерфейсы полезных данных

Синхронный мультиплексор SMA1K предназначен для работы с двумя линейными потоками STM-1 ("Восток" и "Запад"), которые могут заменяться один на другой и на трибутарные потоки; взаимная замена трибутарных потоков невозможна. На рисунке 3.6 структурная схема передачи полезных сигналов.

PDH-интерфейс 2 Мбит/с представлен функциональной группой LOI2M.

Функциональная группа LOI2M содержит либо 21, либо 63 (субмодуль 42 устанавливается для 2 Мбит/с) двунаправленных интерфейса 2 Мбит/с (в соответствии с рекомендациями ITU-T G.703 или ITU-T G.704). Эта группа выполняет функцию упаковки в виртуальный контейнер VC-12, а также соответствующую функцию распаковки.

Возможные варианты использования интерфейсов 2 Мбит/с

• Для неструктурированных данных

• Для данных со структурой цикла в соответствии с Рекомендацией ITU-T G.704/V2.3 (с ресинхронизацией и анализом CRC4 или без них)

Функции и режимы

• Асинхронная упаковка потока 2 Мбит/с в виртуальный контейнер VC-12 (плавающий режим); соответствующая распаковка из контейнера VC-12

• Побитовая синхронная упаковка потока 2 Мбит/с в виртуальный контейнер VC-12; соответствующая распаковка из контейнера VC-12

• Окончание виртуального контейнера VC-12

• Обеспечение тактового сигнала 8 кГц (выделяемого из входного потока 2 Мбит/с) для синхронизации источника синхросигналов мультиплексора (MTS)

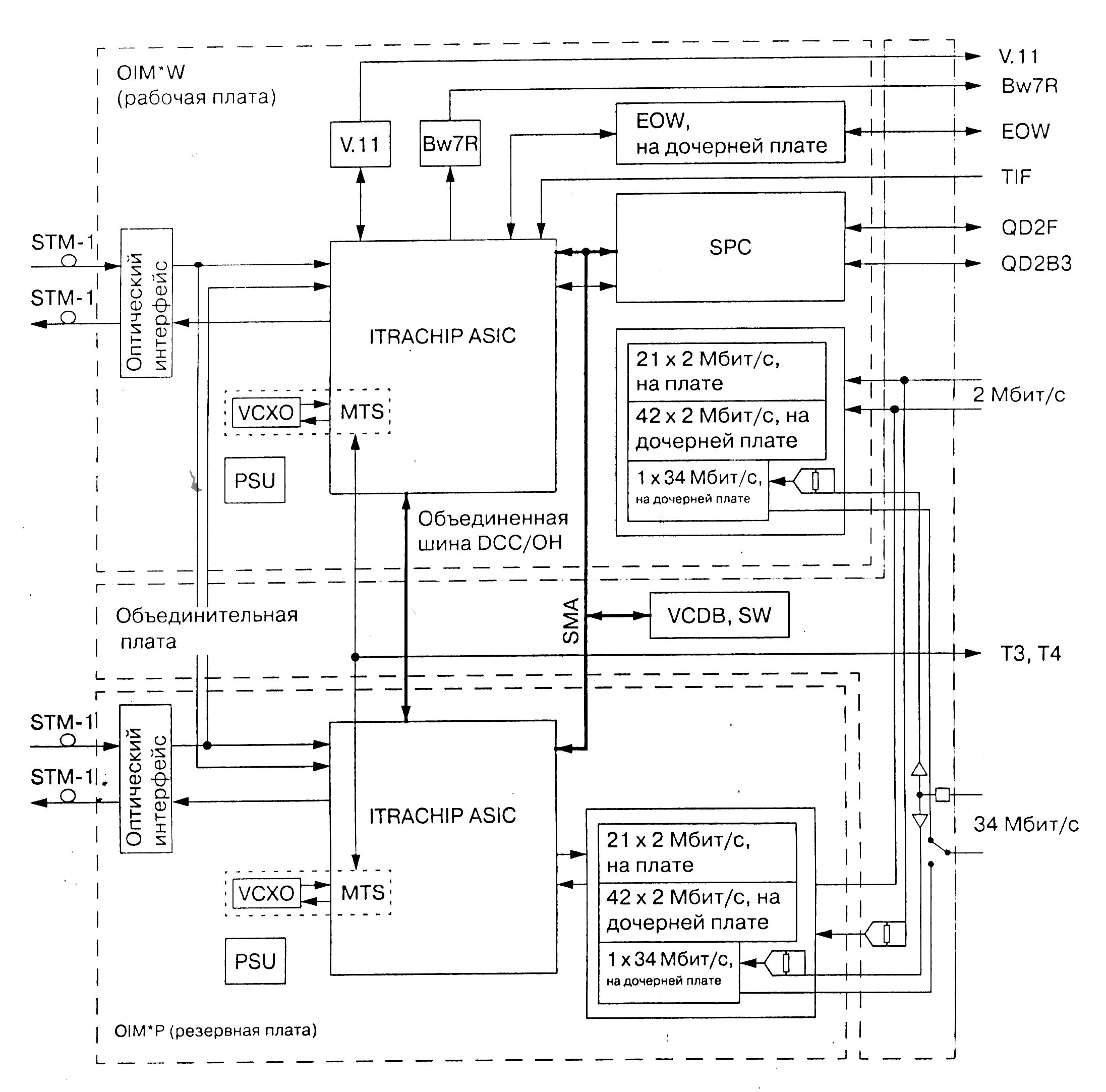


Рисунок 3.6 - структурная схема передачи полезных данных

Режимы интерфейсов 2 Мбит/с:

• Прозрачный режим (PCS не активизирован)

• Структурированный режим

- Порты 2 Мбит/с, соответствующие рекомендации ITU-T G.704

- Активизирован режим PCS с текущим контролем CRC-4 (может быть деактивизирован).

SDH-интерфейс 155 Мбит/с представлен функциональными группами TTF-1 и НОА. Этот функциональный блок содержит двунаправленный синхронный интерфейс. Структура информационных потоков и их характеристические параметры соответствует Рекомендации ITU-T G.957 для потоков STM-1 в рабочем режиме ТМХ со скоростью передачи 155 Мбит/с.

Эта функциональная группа выполняет функции мультиплексирования/ демультиплексирования для SDH-потоков уровня TU-3 и TU-12. Необходимые функции текущего контроля и управления выполняются для всех уровней.

Для оптических интерфейсов запланированы классы применения L-1.1 и L-1.2, согласно Рекомендации ITU-T G.957.

В качестве стандартного соединения используется волоконно-оптическое соединение Е2000.

Определенные типы модулей имеют волоконно-оптические интерфейсы, в которых используются соединители DIN, FC/PC и SC.

Обработка заголовков потока STM-1 выполняется с помощью встроенного контроллера.

3.2.3 Функции

Общие функции:

• Поддержка режима переключения синхронного мультиплексора на резервную линию (MSP) по схеме 1+1 для потоков STM-1

• Предварительная обработка информации об аварийных сигналах, рабочей и управляющей информации

• Подача синхронного опорного сигнала

Функции мультиплексирования:

• Упаковка потока VC-4 в исходящий поток STM-1

• Мультиплексирование исходящих потоков TU-12 и TU-3 в соответствии со структурой мультиплексирования VC-4, определяемой блоком управления системой (SPC)

• Доступ к DCC, SOH, и НРОН через интерфейсы управления

Функции демультиплексирования:

• Текущий контроль обоих входящих потоков STM-1

• Демультиплексирование входящих потоков на основании структуры мультиплексирования STM-1 (маркировка потоков TU-12 и TU-3), определяемой блоком управления системой (SPC)

• Регулирование частоты между входящим потоком STM-1 и внутренним системным тактовым сигналом на уровне VC

• Доступ к DCC, SОН и НРОН через интерфейсы управления

• Текущий контроль обоих потоков VC-4

3.2.4 Доступ к заголовку STM-1

Мультиплексор SMA1K имеет необязательные внешние интерфейсы, которые обеспечивают доступ к различным байтам заголовка в STM-1. Они имеют отдельные интерфейсы доступа к заголовку для определяемых конкретным пользователем цифровых каналов и каналов служебной связи, передаваемых в RSOH, MSOH и РОН.

В секции заголовка байты Е1 (для версии программного обеспечения > 1 или выше) и Е2 предназначены для передачи речи, а байтов D1 - D12 - для передачи данных управления. Байт F1 используется как канал передачи данных.

Каждый байт заголовка передается со скоростью 64 кбит/с.

Канал служебной связи (модуль OIM\*W) создает интегрированную систему EOW с возможной схемой конференц-связи для установления групповой связи.

Функциональная группа ОНХ

• Доступ к SDH-заголовку потоков STM-1 (линии "Восток" и "Запад")

• Все сквозные соединения являются двунаправленными

• Интерфейсы данных 64 кбит/с согласно Рекомендации ITU-T V. 11 и ITU-T G.703

• Интерфейсы речевых сигналов (двухпроводный, четырехпроводный)

• Установление конференц-связи по каналу служебной связи

• Приемник DTMF

• Генерация вызывных сигналов и акустических тональных сигналов

• Управление кольцом EOW (EOWR)

• Подключение телефонного вызывного устройства

Каналы служебной связи передаются через EOW-байты Е1 (для версии программного обеспечения > 1 и выше) и Е2.

Для подключения канала служебной связи используется 4-проводный интерфейс.

* 1. Синхронный мультиплексор ввода/вывода SMA-16

Синхронный мультиплексор SMA-16C относится к SMA-семейству изделий синхронной цифровой иерархии (SDH) и предлагает планировщикам сети новые экономичные решения для удовлетворения требований, предъявляемых схемами резервирования к сетям передачи. Синхронный мультиплексор SMA-16C используется для работы на линейных потоках SDH-иерархии уровня STM-16 (2,5Ггц).

Говоря о семействе мультиплексорах фирмы Siemens, можно отметить тот факт, что на практике возможно использование как определенного типа оборудование SMA-16 так и дооборудованной до Ошибка! Ошибка связи.С версии мультиплексора SMA-4, который включается в конфигурацию как мультиплексор вставки/вывода, оконечного или консолидирующего мультиплексора, он обеспечивает доступ к 8-ми контейнерам VC4 на линии. Используя модули общие для SMA-4, он полностью совместим для установки в сети с другими изделиями.

Мультиплексор SMA-16C представляет собой гибкий временной коммутатор с функциями мультиплексирования и маршрутизации, с интегральными оптическими линейными окончаниями STM-16. вместе с комплексными схемами резервирования для линейной нагрузки (первичная) и трибутарной нагрузки (вторичная).

Функциональное назначение мультиплексора SMA-16C очень сходно с SMA-4, основное различие состоит в замене интерфейсов главного и резервного Восток/Запад STM-4 на оптические модули Восток/Запад STM-16. Все остальные штекерные модули остаются теми же. Расширение STM-4 до STM-16 может быть осуществлено в процессе работы, при управляющем контроле, посредством использования существующих схем резервирования, которые предусмотрены в конструкциях изделий семейства SMA. Оптический STM-16. интерфейс включает отключение лазера и варианты для 0 ~ 12 или 0 - 24 дБ (1310 нм) и 10-24 дБ(1550нм).

Создание конфигурации для резервирования и маршрутизации тракта передачи нагрузки, вместе с рабочими характеристиками, наблюдение за ошибками и аварийными сигналами осуществляется дистанционно через встроенный канал передачи данных или локально от локального терминала. Устройство, управляющее элементом сети, обеспечивается Q-интерфейсом. Управление доступом и управление по безопасности может программироваться в целях предотвращения несанкционированного доступа. Программное обеспечение встроенного контроля может быть загружено непосредственно при работе. Дополнительно, каждая плата в секции может сообщать подробные данные по состоянию своей инвентарной записи из энергонезависимого запоминающего устройства, локально или дистанционно.

Выборочное резервирование плат связи, коммутатора, контроллера и модулей блоков питания, удвоенных посредством комплексного набора схем резервирования графика, позволяет достичь высокого коэффициента оперативной готовности сети.

Выборочный вспомогательный модуль предлагает дополнительные функции, включения селективный доступ к байтам SDH дополнительного канала передачи информации, например, предоставление средств технологической служебной связи (EOW) или перенос телеметрической нагрузки.

Оборудование может функционировать в существующем плезиохронном окружении, без какой-либо внешней синхронизации

В SDH-сетях могут быть запрограммированы различные режимы и планы восстановления для синхронизации.

Каждая плата имеет свою лицевую панель для обеспечения устойчивости к внешним воздействиям, а также служит средством обеспечения защиты от электромагнитных воздействий (ЕМС) и электростатического разряда (ESD) согласно существующим требованиям.

В приложениях -И и -К представлены соответственно функциональная схема SMA16 и механический дизайн стойки.

Несколько слов о последней разработке фирмы Siemens - синхронном мультиплексоре 4-го поколения SMA-16/4. Основная задача синхронного мультиплексора SMA-16/4 – обеспечение полной связности сигнала уровня STM-16 (это может быть также принято для сигналов уровня STM-4) при вводе/выводе сигналов более низкого порядка (до уровня VC-12), а также обеспечение взаимодействия с сетевыми приложениями (сети SDH) большой емкости с уровнем STM-1 или STM-4. Синхронный мультиплексор SMA-16/4 обладает значительно расширенными функциями, чем существующее оборудование второго поколения линейных мультиплексоров SL16 (фирмы Siemens), а также включает в себя функции мультиплексоров второго поколения SMA-1/4. Базовая комплектация данного оборудования представляет собой комплектацию, состоящая из трибутарных карт и карт, отвечающих за управление, текущий контроль мультиплексора и организацию линейных окончаний, а также низко разрядного коммутационного поля, состоящего из модулей IPU16 и SN64. Функциональная схема мультиплексора представлена на рисунке 3.8. Конструктивно оборудование выполнено в виде двухрядного каркаса (subrack), в котором размещены как трибутарные, так и все остальные платы, участвующие в процессе работы мультиплексора. Все внутренние соединения выполняются на задней панели мультиплексора.

3.3.1 Свойства SMA16

- Использует существующую секцию SMA 4, которая удовлетворяет требованиям ЕМС класса В.

- Использует модули единообразные для всего семейства SMA.

- Обеспечивает расширение в эксплуатации 8ТМ-4до STM-16. Связность:

- До 8 VC-4 (всего) может быть введено/выделено из составного линейного сигнала, при транзитном прохождении остальных VC-4

Выделенные входящие каналы VC-4, создающие обводной путь, могут предназначаться в любые исходящие VC-4 канальные точки.

- Коммутационная неоднородность для выделенного графика вплоть до VC-12.

- Для любых составляющих STM-1 сигнала коммутатор позволяет выполнять соединение любой конфигурации: вторичный -первичный, первичный-первичный и вторичный-вторичный.

Применения:

Мультиплексор SMA16С используется для конфигураций сети «кольцо» и конфигураций сети «цепочка».



Рисунок 3.8 - функциональная схема мультиплексора SMA-16/4

3.3.2 Технические характеристики аппаратуры SMA16

Оптические линейные интерфейсы (ITU-T G.957)G.958)

Скорости:

155,52 Мбит/с (STM-1);

622,08 Мбит/с (STM-4);

2488,32 Мбит/с(SТМ-16).

Рабочие длины волн:

1310 нм;

1550 нм

Допустимое оптическое затухание:

STM-1 0 до 28 дб

STM-4 0 до 24 дб

STM-16 0 до 20 дб

Электрические линейные интерфейсы (ITU-T G.958, G.709)

Скорости 155,52 Мбит/с (STM-1) Код CMI

Трибутарные интерфейсы (ITU-T G.703)

Скорости 2 Мбит/с (42 интерфейса на плате)

34 Мбит/с (3 интерфейса на плате)

140 Мбит/с (4 интерфейс на плате

55 Мбит/с (4интерфейс на плате)

622 Мбит/с (2 платы для интерфейса)

Размеры в мм 450Х950Х280

PC Интерфейс F

Интерфейс V.24 (RS232C)

Скорость передачи 9,6 Кбит/с

Q Интерфейс

Протокол Q протокол

Для STM-1 информационный коммутационный канал

Синхронизация

Внутренняя синхронизация или внешняя синхронизация 2048 кГц

Линейный сигнал- все скорости линейного интерфейса. Компонентный сигнал- все скорости трибутарного интерфейса

Синхронизация выхода

Синусоидальный сигнал 2048 кГц

Входное напряжение -48 В до-60 В

Потребляемая мощность (максим.) 300Вт

3.3.3 Применение оптического усилителя и предусилителя

Для чрезвычайно длинных линий без линейных регенераторов или при невозможности их установки ( например прокладка кабеля на водном участке) применяются оптические усилители на длине волны 1550 нм, этот усилитель связан с линией выходного интерфейса оптического передатчика. Оптический усилитель увеличивает выходной оптический уровень по крайней мере на12 дб, который делает возможным достичь длину регенерационного участка более чем 150 км.

Для линий больше чем 200 км оптический предусилитель может быть подключен к интерфейсу входа оптического приемника. Входная чувствительность дополнительно увеличивается до – 40 дб. Таким образом, усилитель и предусилитель применяются в данном дипломном проекте.

Итак, оптический усилитель и предусилитель используются для непосредственного усиления оптического сигналов в диапазоне длин волн λ=1530нм до λ=1560нм без электрооптического преобразования. Рассмотрим функциональную схему оптического усилителя изображенную на рисунке 3.9

#### Волокно с эрбием

Управляющее устройство

Термоконтроль

Устройство контроля и управления током накачки

Лазер

накачки

Диод

контроля

Диод

контроля

Ответви-

тель

Смеси-

тель

Ответви-

тель

ZUW

Рисунок 3.9 - функциональная схема оптического усилителя

Оптический сигнал вводится в волокно лигированное эрбием, накачка лазера поднимает потенциал энергии фотонов с целью получения высокой оптической мощности на выходе усилителя. Уменьшение тока и температурные колебания изменяют мощность лазерного излучения. Диод контроля выбирает часть лазерного света из фотоэлектрической цепи и передают его для управления лазером, блок термоконтроля обеспечивает требуемое охлаждение независимо от окружающей температуры и мощности лазерного излучения.

Усиление полученное таким путем, очень линейно, поэтому не происходит искажений интермодуляции. Уровень выходного сигнала может изменяться от +3 до+ 6 дБм и более мощный усилитель от +13 до +16 дБм. Лазер работает в одночастотном режиме с шириной спектра излучения менее 0,5 нм. Температурная длина волны лазеров с распределенной обратной связью составляет величину около 0,1 нм/к.

На рисунке 3.10 представлена функциональная схема оптического предусилителя. Входной оптический сигнал вместе с излучением лазера накачки поступает в светодиод легированный эрбием, где происходит перераспределение световой энергии между излучениями. Далее через оптический вентиль излучение поступает на оптический фильтр, настроенный на оптическую длину волны, где происходи удаление паразитных мод. Уровень входного сигнала изменяется от – 45 до -15 дБм. В случае использования оптического предусилителя в качестве фотоприемника используется лавинный фотодиод стандартной мощности. Оптический предусилитель используется в паре с оптическим усилителем, тогда как оптический усилитель может использоваться отдельно.

Отключ.

лазера

контрольн.

мощности

#### Шина

сигнализации

зации

Настройка

длины волны

Накачка

лазера

Настраи-

ваемый

фильтр

Ответви-

тель

Оптичес-

кий

изолятор

Диод

контроля

Дели-

тель

Волокно

с

эрбием

Термо

контроль

Рисунок 3.10 - функциональная схема оптического предусилитель

Подобно сигналу контроля за температурой TEMP, поступает в секцию контроля блока сигнализации (4) в порядке контроля за диодным модулем.

Сигнал данных D622A регенерируется с точной амплитудой и синхронизацией посредством решающей схемы (два D триггера соединенных последовательно) в регенераторной секции (3) и появляется на выходе D622.

Сигнал тактовой частоты Т622 генерируется в управляемом напряжением генераторе (VCO). Его частота определяется фильтром поверхностной волны (SAW) и линией задержки. VCO-выход OUT поступает обратно через линию задержки SAW на вход А и со сдвигом фазы на 90 градусов – через линию №4 на вход В. Фаза генератора ТЧ / частота ГТЧ контролируется на входе С посредством схемы фазового сдвига. Управляющее напряжение VCO генерируется фазовым детектором. За этим низкочастотное фильрование и усиление, управляемое напряжением С генерируется на выходе D фазового детектора.

Функциональный блок исполнителя сигнализации (4) собирает сообщения, выполняет предварительную обработку и передает данные блока контроля через шину сигнализации на центральный блок контроля (ZUW).

Выдаются сообщения о следующих сигналах:

оптический входной уровень на F1in

температура фотодиода

состояние захвата частоты регенераторного шлейфа управления.

* + 1. Передача информации в секционных заголовках

Информация может быть передана в дополнение к полезной нагрузке в заголовке сигнала STM. Вместимость заголовка в зависимости, от которого основные каналы составляют 64 кбит/с или полностью заполненный столько битов, насколько битов был предназначен специфический канал.

Структура заголовков SOH фрейма STM-16 в приложении 6.

Двойная внутренняя связь данных каналов определены в соответствии с ITU-T Рекомендацией G.708. В дополнение к ним, вспомогательные каналы могут также использоваться в предложенном оборудование линии SМА 16:

Для стороны линии:

- канал связи данных DCCR;

- канал связи данных DCCM;

- разработка служебных каналов RS;

- разработка служебных каналов MS;

- вспомогательные каналы AUX1 к AUX5

Для стороны компоненты:

- канал связи данных DCCR или DCCM (переключаемые);

- вспомогательные каналы K1 к K3.

Канал cвязи данных DCCR используется внутренне, чтобы контролировать линии для разделов регенератора.

Контролирующие данные переданы в RSOH в байтах D1, D2 и D3.

Канал связи данных DCCМ (подобный DCCR каналу) для задач управления в мультиплексных разделах. Байты D4 до D12 используются для передачи данных. есь имеется два сигнала служебной связи со скоростью 64 кбит/с., чтобы обработать запросы служебных каналов по регенерационной секции. В соответствии с ITU-T Рекомендациями G.708 и G.781, байт E1 RSOH был предназначен для создания служебных каналов запроса, т.е. могут быть переданы по мультиплексным секциям без обращения к линейным регенераторам SLR.

Для создания служебных каналов был назначенный байт E2 MSOH в соответствии с ITU-T. Передача служебных каналов модуль DTE, служебные каналы пульта управления TBF и телефонная трубка необходима для операции передачи служебных каналов. Телефонное оборудование можно обеспечивать или отборными или коллективными средствами запроса как требуется. DTE вставной модуль также обеспечивает 4-проводный интерфейс VF E&M сигнализирующий коллективный запрос по каждой разработке служебных каналов.

Заголовок SOH состоит из 2-х блоков: RSOH – заголовка регенераторной секции и МSOH – заголовка мультиплексной секции, имеет формат 9х36 байтов.

R SOH

M SOH

9

Структура заголовков SOH фрейма STM-16

A1

A1

A1

A1

A1

A1

A1

A1

A1

A1

A1

A1

А2

А2

B1

D1

B2

D4

D7

D10

Z1

Z1

Z1

Z1

Z1

Z1

Z1

Z1

Z1

Z1

Z2

B2

B2

B2

B2

B2

B2

K2

D6

D12

K1

D5

D8

D11

E2

X

X

X

X

##### F1

D3





36 байт

Указатель AU-n

С1

С1

Е1

D2

B2

B2

B2

B2

B2

D9

Z1

Z1

Глава 4 Управление элементами сети

Стандарт SDH включает мощные средства управления синхронно-цифровой сетью, являющиеся ее ключевыми элементами. Фирма SIEMENS использовала свои обширные возможности и опыт, накопленный в традиционных сетях, для оптимального использования дискриптора секции SDH с целью развития гибких интегрированных систем управления.

Установка систем управления SIEMENS в сеть SDH позволяет оператору дистанционно управлять всем линейным и мультиплексорным оборудованием, а также системами оперативного переключения. Обработка аварийных сигналов, тестирование по запросу и даже выдача линейных плат в рамках отдельной системы организуются с помощью простых в эксплуатации графических интерфейсов.

Заложенные прикладные программы предусматривают непрерывный контроль качества передачи для упрощения профилактического техобслуживания. Дистанционное выделение линий, маршрутизация и распределение частотной полосы осуществляется проще, чем ранее.

Поскольку SDH является международным стандартом, системы SDH SIEMENS могут стыковаться с оборудованием других марок. Например, владельцы сетей могут использовать преимущества высокомощных систем SIEMENS SDH независимо от происхождения имеющегося у них оборудования. Сеть оборудования разных поставщиков на сегодняшний день стала реальностью.

4.1 Полная защита сети

В системах SIEMENS SDH сочетается испытанное программное обеспечение и электроника, создающие оптимальную надежность и гибкость сети.

Синхронные широкополосные системы оперативного переключения не только управляют плезиохронными и синхронными сигналами, они также оснащены не блокирующимся матричным переключателем, создающим уникальную возможность предохранительного переключения в высокоскоростных магистральных сетях. Такие системы с возможностью мультиплексирования обеспечивают аналогичный уровень защиты на уровне региональных сетевых узлов.

Мультиплексоры ввода/выделения, производимые SIEMENS могут конфигурироваться в многоцентровые самовосстанавливающиеся сетевые кольца. В случае разрыва волокна между двумя узлами, последние автоматически конфигурируются заново, и трафик направляется обратно вокруг кольца по другому волокну. Таким образом, работа продолжается непрерывно. Такой принцип защиты сети распространяется на все системы SIEMENS SDH. Все пропускные устройства (элементы сетей и транспортные системы) предусматриваются со встроенным резервированием. Большинство функций аварийной сигнализации и техобслуживания автоматизированы модулями управления сетью. Все это вытекает из стремления SIEMENS обеспечить максимальную надежность сети SDH.

4.2 Конфигурирование сети

Ввод и выделение сигналов является одной из многих функций, упрощенных благодаря оборудованию SIEMENS SDH. При плезиохронном мультиплексировании трафик, передаваемый на различных скоростях и частотах, делится на уравновешенные биты перед их объединением в высокоскоростной сигнал. Для уравновешивания битов с информацией необходимо добавлять порожные биты, предназначенные для заполнения.

При вводе/выделении сообщений на следующем сетевом узле, необходимо демультиплексировать весь высокоскоростной сигнал, убрать биты заполнения и восстановить биты с информацией в их исходном виде. Это необходимо, даже когда сигналы направляются в другой пункт назначения. Затем весь трафик вновь уплотняется, смешивается с другими битами заполнения и комбинируется в другой высокоскоростной сигнал. Такой процесс требует наличия в каждом узле двух тыльноспаренных мультиплексоров, что повышает стоимость оборудования и увеличивает потенциальный объем ошибок.

Оборудование SDH устраняет необходимость такого постоянного мультиплексирования и демультиплексирования. Когда поток входит в сеть, он синхронизируется в системе SDH с тактовыми сигналами сети. Поскольку все сигналы синхронизируются с тактовыми сигналами сети. Поскольку все сигналы синхронизируются и передаются на одинаковой частоте, отпадает необходимость в битах заполнения.

По мере прохождения сигнала STM через мультиплексор в поток просто вводятся или из него выделяются байты сообщения. Сообщения другой адресации остаются неизменными.

Упразднив двойное мультиплексирование, SIEMENS устранил необходимость использования двух спаренных мультиплексоров. SDH позволяет выполнить все операции с помощью одной рентабельной системы. Система управления позволяет дистанционно конфигурировать схему организации связи.

Глава 5 Бизнес – план

5.1 Резюме

Для успешного ведения бизнеса и удовлетворения личных нужд населения возникла необходимость на участке Алматы-Семипалатинск увеличить количество линий, что приведет к увеличению объема предоставленных услуг, а также получению еще большей прибыли.

Поэтому целью данного дипломного проекта будет строительство на участке Алматы-Семипалатинск надежной волоконно-оптической линии связи с применением аппаратуры синхронной цифровой иерархии SDH (СЦИ) с потоком STM-1 фирмы «Siemens» вместо коаксиальной аналоговой магистрали.

Получить максимально возможную прибыль. Увеличить емкость национальной сети Республики Казахстан за счет внедрения новой цифровой техники.

Расширить мировую первичную телекоммуникационную сеть. Пропагандировать международные/междугородные телекоммуникационные услуги.

* 1. Цели и задачи

Настоящий бизнес-план представляет собой обоснование проектирования волоконно-оптической линии связи на участке Алматы – Семипалатинск с целью его усовершенствования национальной первичной магистральной сети Республики Казахстан.

В современных условиях увеличился спрос на продукцию связи на данном участке. Имеющаяся коаксиальная магистраль с аппаратурой уплотнения VLT-1920 на данном этапе развития сетей телекоммуникаций морально и физически устарела. Решением данной проблемы является переход к использованию новых технологий передачи информации и применение современного оборудования, отвечающего мировым стандартам, что подразумевает замену существующих аналоговых магистралей на волоконно-оптические линии связи, имеющиеся ряд преимуществ обусловленных такими характеристиками как:

- большая пропускная способность;

- большая длина регенерационных участков;

- большая экономия цветных металлов;

- малое затухание;

- большая помехозащищенность;

- малые массы и габаритные размеры;

- малая стоимость 1 канало-километра.

Данная ВОСП будет обеспечивать высокое качество передачи информации с высокой скоростью.

5.3 Характеристика продукции

## Цифровой поток SТМ-16 - стандартный цифровой поток, предназначенный для транспортирования информации любого вида в цифровой форме. SТМ-16 строится на базе цифрового канала со скоростью передачи 2048 кбит/с, которые посредством мультиплексирования объединяются в потоки с различной скоростью передачи: 2 Мбит/с, 8 Мбит/с, 34 Мбит/с, 140 Мбит/с, 155 Мбит/с, 622 Мбит/с, 2,5 Гбит/с.

Любой поток каналов с выше перечисленными скоростями может быть выделен в любом промежуточном пункте магистрали «Алматы-Семипалатинск».

5.4 Сущность предпринимательской сделки

# Проект делается по заказу ОАО «Казахтелеком». Контракт заключается с фирмой «Siemens» на строительство монтаж и наладку оборудования СП SLD-16, а также на обучение обслуживающего персонала. Ответственность за строительство несет Дирекцией по строительству телекоммуникаций и инфраструктур при ОАО «Казахтелеком» (ДСТИ) .

В договоре с арендатором цены фиксированные и не подлежат воздействию спроса и предложения. Индексация предусмотрена только в соответствии с инфляцией.

На территории РК конкурирующих организаций нет.

* 1. Организационный план

Для осуществления проекта ВОСП необходимы следующие расходы, указанные в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Инвестиции

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число единиц | Норматив инвестиций, тыс. тг. | Общая сумма, тыс. тг. |
| Линейно-кабельные сооружения |  |  |  |
| Кабель 12 волоконный, км | 5349,5 | 313,24 | 1675677,38 |
| Кабель 8 волоконный, км | 341,4 | 275,04 | 93898,656 |
| Полиэтиленовая труба, шт | 1353 | 140,576 | 190204,74 |
| Муфты | 239 | 30,545 | 7300,26 |
| Прокладка и монтаж кабеля |  |  | 353915,21 |
| Прочие расходы |  |  | 53087,28 |
| 2.Станционные сооружения: |  |  |  |
| SMА-16 (С питанием, с программным обеспечением), шт | 10 | 16189 | 161890 |
| SLD-16 (С питанием, с программным обеспечением), шт | 2 | 17564 | 35128,0 |
| SMА-1К (С питанием, с программным обеспечением), шт | 25 | 3152,320 | 78808,0 |
| Оптический усилитель STM-16, шт | 9 | 3885,708 | 34971,372 |
| Оптический предусилитель STM-16 (Бустер), шт | 6 | 6731,148 | 40386,888 |
| Сервер системы управления и программное обеспечение TNMS (с питанием, с программным обеспечением), шт | 1 | 4200 | 4200,0 |
| 3.Измерительные приборы: |  |  |  |
| Анализатор спектра НР 37718А ''А Т'', шт | 18 | 7000 | 126000,0 |
| Анализатор 2МБ/с потока, шт | 18 | 700 | 12600,0 |
| Рефлектометр МТС 5/100, шт | 8 | 3056 | 2444,8 |
| Сварочные аппараты, шт | 16 | 3820 | 61120,0 |
| Излучатель мощности OLD, шт | 18 | 3820 | 68750,0 |
| Тестер цифровой EDCT-2, шт | 18 | 1528 | 27504,0 |
| Оптический телефон РТS-20, шт | 16 | 9940 | 159040,0 |
| Прочие расходы: (расходный материал и инструменты для монтажно-настроечных работ) 3% | 20 | 497 | 9713,072 |
| 4.Затраты на монтаж и наладку оборудования.20% |  |  | 64753,812 |
| Подготовительные работы (10%): Изыскат. работы и проектно-сметная док-ция |  |  | 103051,526 |
| 5.Затраты на обучение обслуживающего персонала. |  |  | 3056,0 |
| 6.Затраты на рекламную кампанию. |  |  | 700,0 |
| 7. Итого. |  |  | 4920065,68 |

5.6 Расчет штата

Чтобы определить общий штат по обслуживанию линии связи, надо рассчитать штат по обслуживанию линейных сооружений, штат по обслуживанию ЛАЦ. Данные взяты по «Нормативам трудоемкости и численности эксплуатационной деятельности предприятий отрасли «Связь», 2 этап, укрупненные нормативы численности работников вновь вводимых предприятий и сооружений».

Штат по обслуживанию линейных сооружений рассчитывается по формуле:

Рл=(LхНшт/173)х1,06 (5.1)

где: L– длина трассы, 1353 км;

Ншт - штатный норматив 6 чел. в месяц на 100 км;

173 - среднемесячная норма рабочего времени одного работника, ч;

1,06- коэффициент, усиливающий резерв работников на подмену во время очередных отпусков;

Рл=(1353⋅6/173)⋅1,06=50 чел.

Штат ЛАЦ ОРП и ЛАЦ ОП берется аналогично. Для обслуживания данного вида аппаратуры достаточно один магистральный инженер и четыре сменных электромеханика:

На магистрали имеется 10 ОРП и 2 ОП.

Рорп = ( 1+4)х(2+10) = 60 (чел)

Штат ремонтно-восстановительной бригады состоит:

1. начальник бригады - 1,
2. инженер линейно-кабельных сооружений - 2,
3. инженер по ремонту электроэнергетического оборудования - 1,
4. кабельщик-спайщик – 2;
5. водитель - 2.

Ррвб = ( 1+2+1+2+2) х 12= 96 (чел)

Результат расчетов штата производственных работников в таблице 5.2

Таблица 5.2 Штат производственных работ

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование должностей | Количество штатных единиц, чел. |
| 1. Штат для обслуживания линий связи | 50 |
| 2. Штат ОРП | 60 |
| 3. Штат РВБ | 96 |
| Всего: | 206 |

* 1. Производственный план

###### Сроки строительства ВОСП Алматы - Семипалатинск:

начало: 01.08.2002г.

окончание: 31.03.2003г.

Количество каналов, сдаваемых в аренду: 8250

ОАО «Казахтелеком» заключает контракт с компанией «Siemens» на строительство, монтаж и наладку оборудования СП STM-16. Фирма обязуется окончить строительство в установленные сроки со сдачей в эксплуатацию.

Осуществление проекта возложено на ОАО «Казахтелеком». Строительство ВОСП длиной 1353 км. Запланировано на участке «Алматы – Семипалатинск».

Изучить спрос конечных потребителей услуг – населения, государственных и частных компаний, совместных предприятий, иностранных фирм, государственных и частных компаний, занимающихся предоставлением услуг связи потребителям.

Предложенное увеличение емкости ВОСП во времени с учетом возможного увеличения спроса: на данный момент требуется 8250 каналов, а с учетом резервирования по кольцу 16500 каналов, с возможностью продления договора с арендатором каналов на прежних условиях и с учетом изменения положения на рынке международных телекоммуникационных услуг.

Предоставление каналов в аренду можно начать 01.05.2003 г.

ОАО «Казахтелеком» заключает контракт с компанией «Siemens» на строительство, монтаж и наладку оборудования системы передачи SL-16. В контракте фирма обязуется поставить необходимое измерительное и ремонтное оборудование, обеспечивать сервисное обслуживание, а также окончить строительство в установленные сроки со сдачей в эксплуатацию.

* 1. План маркетинга

##### Ценовая политика: В договоре с арендатором цены фиксированы и не подлежат воздействию спроса и предложения. Индексация предусмотрена только в соответствии с инфляцией.

Мероприятия по предоставлению товара на рынок: Эти мероприятия в основном связаны с проведением компании по рекламированию услуг междугородней связи:

1) Разработка и выпуск общего рекламного проекта ОАО «Казахтелеком».

2) Размещение рекламных материалов в специализированных печатных изданиях.

3) Съемка видеофильма с демонстрацией ВОСП.

Заключение договоров об аренде каналов или групп каналов.

5.9 Финансовый план

Для определения суммы в кредит при проектировании ВОЛС требуется рассчитать затраты. Затраты на проектирование приведены в таблице 5.2

Таблица 5.3 Затраты на проектирование ВОЛС

|  |  |
| --- | --- |
| Название | Сумма, тыс.тг |
| Линейные сооружения | 1967081,04 |
| Станционное оборудование | 355384,26 |
| Измерительные приборы | 457458,8 |
| Прочие затраты | 1028571,92 |
| Итого | 4920065,68 |

# Взять в кредит потребуется 4920065,68 тыс.тг. под 10% годовых. Срок погашения кредита – 2 года.

5.9.1 Расходы

Определим затраты на эксплуатацию ВОСП:

Средняя заработная плата на одного служащего составляет 26600 тг. (Данные взяты по единой тарифной сетки ОАО «Казахтелекома)

На момент настройки оборудования принимают в штат 9 человек на 1 месяц.

Заработная плата за срок строительства:

ЗП1=9х1х26600=239,4 тыс. тг

За год основная заработная плата:

ЗП2=206х12х26600=65755,2тыс.тг

Дополнительная заработная плата:

ЗПдоп=0,3хЗП2=0,3х65755,2=19726,56тыс.тг

Расходы по заработанной плате определяются по формуле:

ФОТ=ЗП1+ЗП2+ЗПдоп (5.2)

ФОТ=239,4+65755,2+19726,56=85721,16 тыс. тг

Социальный налог составляет 21% от ФОТ:

 (5.3)

Осн=0,21х85721,16=18001,44тыс.тг

Амортизационные отчисления составляют 3,4% в месяц, 40,8 % годовых:

 (5.4)

где К – сумма инвестиций (К=4920065,68 тыс.тг.)

А=0,408х4920065,68=2007386,797тыс.тг

Материалы и запасные части составляют 25% в год:

 (5.5)

# М=0,25х4920065,68=1230016,42тыс.тг

Электроэнергия:

 (5.6)

## где W- потребляемая мощность одного регенерационного пункта в час (W= 1 квт/ч)

Цквт – цена киловатта энергии (Цквт = 3,75 тг.)

Nрп – количество регенерационных пунктов ( Nрп = 12 )

8760 – количество часов в году

Сэл=1х3,75х12х8760=394,2 тыс. тг

Годовые затраты на воду, канализацию и теплоэнергию составляют 20%:

 (5.7)

Тэн=0,2х394,2=78,84 тыс.тг

Накладные расходы:

Н=0,2хЭр (5.8)

где Эр – основные расходы

Эр=ФОТ+Осн+А+М+Сэл+Тэн (5.9)

Эр=85721,16+18001,44+2007386,797++1230016,42+394,2+78,84 =3341598,86тыс.тг

Н=0,2х3341598,86=668319,77 тыс. тг

Годовые эксплуатационные расходы:

 (5.10)

где Ки– сумма выплаты кредита за год

Ки= К/2 =4920065,68/22460032,84 тыс. тг

Кс – сумма кредитных процентов

Ки= Кх0,1=4920065,68х0,1=492006,57 тыс. тг

Эгод=85721,16+18001,44+2007386,797++1230016,42+394,2+78,84+

+668319,77+2460032,84+492006,57=6961958,04 тыс. тг

Расчетные данные по годовым эксплуатационным расчетам сведем в таблицу 5.3

Таблица 5.4 Расчетные данные по годовым эксплуатационным расчетам

|  |  |
| --- | --- |
| Статьи затрат | Сумма затрат, тыс.тг. |
| 1. Фонд заработной платы | 85721,16 |
| 2. Социальный налог | 18001,44 |
| 3. Амортизационные отчисления | 2007386,797 |
| 4. Материалы и запасные части | 1230016,42 |
| 5. Накладные расходы | 668319,77 |
| 6. Расходы на электроэнергию | 394,2 |
| 7. Расходы на воду, канализацию и теплоэнергию | 78,84 |
| 8. Сумма кредитных процентов | 492006,57 |
| 9. Сумма выплат кредита в год | 2460032,84 |
| Всего | 6961958,04 |

5.9.2 Доходы и экономическая эффективность

Годовая сумма доходов:

 (5.11)

где Q- число сдаваемых в аренду каналов (8250каналов)

Данные взяты в ОАО «Казахтелеком» в группе доступа к СТОП и аренды каналов.

ЦАК – цена одного цифрового канала в час на 3.05.2002 г.:

От 1 до 100 км. составляет 77,4 тг.

От 101 до 300 км. составляет 112,5тг.

От 301 до 600 км. составляет 144,7 тг.

От 601 до 900 км. составляет 227,4 тг.

От 901 до 1200 км. составляет 298,1 тг.

От 1200 до 1500 км. составляет 319,5 тг.

Так как каналы в аренду сдаем по всей трассе длиной 1353 км., то данные по аренде каналов сведем в таблицу 5.3

Таблица 5.5 Аренда каналов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Направления | Расстояние, км | Цена канала, тыс. тг | Количество каналов | Сумма, тыс. тг |
| Астана - Семипалатинск | 772 | 227,4 | 300 | 68,22 |
| Астана – Усть-Каменогорск | 985 | 298,1 | 300 | 89,43 |
| Астана - Аягоз | 1296 | 319,5 | 60 | 19,17 |
| Астана - Талдыкорган | 1844 | 384,2 | 150 | 57,63 |
| Астана - Алматы | 2094 | 384,2 | 1200 | 461,04 |
| Алматы - Семипалатинск | 1353 | 319,5 | 300 | 95,85 |
| Алматы – Усть-Каменогорск | 1109 | 319,5 | 300 | 95,85 |
| Алматы - Аягоз | 798 | 227,4 | 90 | 20,47 |
| Алматы - Талдыкорган | 250 | 112,5 | 450 | 50,63 |
| Между пунктами (местные) | От 1-100 | 77,4 | 3270 | 253,09 |
| Транзитные через РК | Выше 2000 | 526,8 | 390 | 205,45 |
| Казахстан - СНГ | До 2000 | 496,1 | 1110 | 550,67 |
| Итого: |  |  |  | 1967,5 |

Определим доход от аренды каналов в год:

D=k\*8760\*0,3 (5.12)

k- количество часов ( в году=8760 часов, т.к. оборудование используется не на 100%, а примерно на 30% берем 2628 часов)

D=1967,5х2628=5170590 тыс.тг

Чистый доход от хозяйственной деятельности:

ЧДосн=D-Эр (5.13)

ЧДосн=5170590-3341598,86=1828991,14 тыс. тг

Подоходный налог :

Нп=0,3хЧДосн (5.14)

Нп=0,3х1828991,14=548697,34 тыс.т

Чистый доход предприятия:

ЧДпр=ЧДосн-Нп (5.15)

ЧДпр=1828991,14-548697,34=1280293,8 тыс.тг

Срок окупаемости:

Т=К/ЧДосн (5.16)

Т=4920068,65/1828991,14=2,692,7 лет

Рентабельность:

Р=(ЧДпр/Эгод)х100 (5.17)

#### Р=(1828991,14/6961958,04)х100 = 26,27%

Коэффициент экономической эффективности:

 (5.18)

Е=1/2,7=0,37 (5.19)

Так же определим капитальные вложения методом расчета абсолютной величины чистого дохода NPV.

Коэффициент PV – это коэффициент дисконтирования или норматив приведения, при установлении которого следует учитывать инфляционное изменение покупательной способности денег в течение рассматриваемого периода времени, необходимость обеспечения минимального гарантированного уровня доходности и риск инвестора. Ставка прибыли равна 14 % в год.

# Проектирование ВОЛС на участке «Алматы – Семипалатинск» инвестируется суммой 4920065,68 тыс.тг. Чистый доход будем иметь через 3,5 лет равный 13893701,14 тыс.тг. за год.

# Рассчитаем коэффициент ставки прибыли PV.

# , (5.20)

где: r – ставка дисконты (14%)

n – год

1 год. 

2 год. 

# 3 год.

# 4 год.

 (5.21)

 (5.22)

где:  - ожидаемый чистый доход в конце t-го года или сумма всех ставок дисконты.

- фактор – дисконта или коэффициент применения.

КВ – капитальный вложения (инвестиции)

=(1604378,19+1407349,29+1234516,92+1082909,68) - 4920065,68=5329154,08 - 4920065,68 = 409088,4 тыс. тг



Исходя из расчетов, можно сделать вывод, что инвестор начнет получать чистый доход в связи с дисконтной ставкой через 3,8 лет.

D=4920065,68тыс.тг

Чистый доход от хозяйственной деятельности:

ЧДосн=D-Эр (5.23)

ЧДосн=4920065,68-3341598,86=1578466,82 тыс. тг

Подоходный налог:

Нп=0,3хЧДосн (5.24)

Нп=0,3х1578466,82 =473540,05 тыс.т

Чистый доход предприятия:

ЧДпр=ЧДосн-Нп (5.25)

ЧДпр=1578466,82-473540,05=1104926,77 тыс. тг

Срок окупаемости:

Т=К/ЧДосн (5.26)

Т=4920068,65/1578466,82 =4года

Рентабельность

Р=(ЧДпр/Эгод)х100 (5.27)

#### Р=(1578466,82 /6961958,04)х100 = 22,67%

Коэффициент экономической эффективности:

 (5.28)

Е=1/4=0,25 (5.29)

Сведем в таблицу 5.6 результаты расчетов.

Таблица 5.6 - Эффект строительства ВОСП ''Алматы- Семипалатинск''

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателя | Величина |
| 1. Инвестиции, тыс. тг. 2. Срок кредитования, год 3. Штат, чел 4. Эксплуатационные расходы, тыс. тг. 5. Чистый доход , тыс. тг. 6. Срок окупаемости, год   7. Рентабельность, %  8. Коэффициент экономической эффективности,1/год | 4920065,68  2  206  3341598,86  1578466,82  4  22,67  0,25 |

5.10 Возможные риски предприятия

Ухудшение общей экономической ситуации в Республике Казахстан и в мире.

Недобросовестность и низкая квалификация работников

Резкое ухудшение технического состояния ВОСП или качества передаваемой информации.

Признание банкротом ОАО «Казахтелеком».

Появление альтернативного продукта.

Неоплата аренды каналов со стороны арендаторов.

Изменение состояния рынка телекоммуникационных услуг в Республике Казахстан, неустойчивый спрос.

Банкротство банков осуществляющих денежные переводы.

Заключение

Расчетный срок окупаемости данного проекта -3,5 года, что не превышает нормативных показателей-6,6 лет. Расчетный коэффициент экономической эффективности-0,29 %. Инвестор начнет получать чистый доход исходя дисконтной ставки через 4 года, коэффициент экономической эффективности – 0,25.

Глава 6 Безопасность и жизнедеятельность на предприятиях связи

В проекте рассматривается волоконно-оптическая система передачи информации (ВОСП), которая осуществляется при помощи световых импульсов с длиной волны 1550 км.

Передающим устройством в ВОЛС является лазер, рассчитанный на работу в составе многоканальных систем связи.

Лазер – это источник электромагнитного излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, основанный на вынужденном изучении атомов и молекул.

В данном проекте применяются одномодовые лазеры с распределенной обратной связью. Данный лазер является источником узконаправленного монохроматического излучения в инфракрасной области спектра.

Эти лазеры рассчитаны в качестве источника излучения для волоконно-оптических систем передачи. На рисунке 6.1 представлена упрощенная схема с РОС.

1

2

3

5

4

Рисунок 6.1-Упрощенная схема лазера с РОС

1. активная полупроводниковая среда;
2. волоконно-оптический кабель;
3. светозащитный кожух;
4. кабель накачки;
5. корпус.

Излучение поступает в волоконно-оптический кабель, по которому передается излучение. Светозащитный кожух предназначен для поглощения отраженного излучения на границе ''активная среда-торец волоконно- оптического световода''. С помощью кабеля 4 к активной среде подводится ток накачки. Параметры и значения лазера с РОС приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технические характеристики лазера с РОС

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Значения |
| Длина волны, м | 1,55х10-6 |
| Мощность излучения, Вт | (2 – 4)х10-3 |
| Долговечность активного | 106 |
| Габаритные размеры, мм | 60х10х10 |
| Потребляемая мощность, мВт | До 2 |

Лазеры, используемые в волоконно-оптических системах передачи, являются полупроводниковыми приборами, и предназначены для стационарного применения, т.к. являются чувствительными к вибрации и перепаду температуры. Большая вибрация и резкий скачок температуры приводят к сокращению срока службы лазера. Для обеспечения нормальной работы таких лазеров достаточно естественных систем охлаждения.

6.1 Воздействие лазерного излучения на организм человека

При воздействии лазерного излучения на организм человека выделяют два биологического эффекта: первичный и вторичный.

При первичном эффекте наблюдаются изменения в непосредственно облучаемых тканях организма.

При вторичных эффектах наблюдаются различные побочные явления.

Непосредственное воздействие на человека оказывает лазерное излучение любой длины волны, однако, со спектральными особенностями поражаемых органов и различными предельно допустимыми дозами облучения. Обычно различают воздействие на глаза и кожные покровы.

При попадании луча лазера в глаз лучи преломляются в оптической системе глаза и фокусируются на сетчатке, где будет сконцентрирована наибольшая энергия луча. Основной элемент зрительного аппарата человека- сетчатка глаза – может быть поражена лишь излучением видимого (от 0,4 мкм) и ближнего инфракрасного диапазонов (до 1,4 мкм), что объясняется спектральными характеристиками человеческого глаза. При этом хрусталик и глазное яблоко, действуя как дополнительная фокусирующая оптика, существенно повышает концентрацию энергии на сетчатке, что в свою очередь, на несколько порядков понижает максимально допустимый уровень облученности зрачка.

При уровне энергии в 0,008 Дж. от лазера, работающего в видимой части спектра, в течение 1мс повреждается сетчатка глаза, а для лазера работающего в инфракрасной части спектра, еще при меньшем уровне энергии (0,001 Дж) повреждается прозрачная среда и сетчатка глаза.

Луч может пройти вдоль зрительной от глаза, тогда будет повреждена центральная ямка и наступит сбойное нарушение зрения вплоть до слепоты. Для лазеров, работающих в невидимой части спектра, необходимы особые меры безопасности, т.к. можно получить дозу облучения, не зная причины ее возникновения.

Невидимое ультрафиолетовое (0,2 < λ <.0,4 мкм) или инфракрасное излучение (1,4 < λ < 1000 мкм) практически не доходит до сетчатки и потому может повреждать лишь наружные части глаз человека: ультрафиолетовое излучение вызывает фото кератит; средневолновое инфракрасное излучение (1,4 < λ < 3 мкм) – отек, катаракту и ожог роговой оболочки глаза; дальнее инфракрасное излучение (3 мкм < λ < 1мм) – ожог роговицы. При лазерном облучении кожных покровов могут наблюдаться изменения непосредственно облучаемых тканей: от легкой эритемы до поверхностного обугливания. При повреждении внутренних тканей и органов происходят отеки, кровоизлияния, свертывание и распад крови.

Воздействие излучения лазера небольшой интенсивности на обслуживающий персонал приводит к изменениям в центральной нервной системе, сердечно-сосудистой системе, эндокринных желез; повышение утомляемости организма и глаз, колебания артериального давления, головные боли, повышенная возбудимость, нарушение сна, потливость.

6.2 Предельно-допустимые уровни излучения проводникового лазера

Произведем расчет предельно-допустимых уровней излучения полу проводникового лазера.

Исходные данные:

-длина волны изучения – 1550 км;

-расстояние R от точки наблюдения до освещаемой поверхности – 0,5 м;

-угол θ между нормалью к поверхности и направлением наблюдения – 45°;

-фоновая освещенность Фр роговицы – 100лк;

-диаметр d источника излучения – 0,02·10-2 м.

Чтобы найти плотность энергии лазерного излучения, необходимо рассчитать угловой размер источника излучения:

 (6.1)

Энергетическая экспозиция Нn для первичных биологических эффектов находится по формуле:

 (6.2)

где Н1 – энергетическая экспозиция на уровне глаза в зависимости от углового размера источника излучения при максимальном значении диаметра зрачка глаза (Н1 =51 Дж/м²).

К1 - поправочный коэффициент на длину волны излучения и диаметр зрачка (К1=2,1).

 (6.3)

Энергетическая экспозиция Нв для вторичных биологических эффектов определяется по формуле:

 (6.4)

где Н2 – энергетическая экспозиция на роговице глаза в зависимости от длины волны излучения и диаметра зрачка (Н2 = 680 Дж/м²).

 (6.5)

Для определения класса опасности для полупроводникового лазера, необходимо рассчитать величину энергии излучения Ес с учетом поправочного коэффициента:

 (6.6)

где Р- максимальная выходная мощность излучения лазера (Р = 4 · 10¯³Вт).

К – коэффициент учитывающий диаметр пучка (К=0,25)

 (6.7)

Произведем классификацию лазера.

Данный лазер по первичным биологическим эффектам относится ко II классу опасности, а по вторичным биологическим эффектам к Ш классу, с помощью найденных предельно допустимых уровней излучения, для различных типов лазерного излучения (прямого, отраженного), определим допустимые расстояния на которых может работать оператор. При этом специальная одежда оператора состоит из белого комбинезона.

Необходимые исходные данные:

- мощность излучения Р= 4 · 10-3 Вт;

- телесный угол излучения φ = 2˚;

- длительность смены tсм = 3600с;

- коэффициент отражения ρ = 0,5

- коэффициент пропускания белой плотной материи τ = 0,1 при количестве слоев m = 1.

Допустимое расстояние, на котором может находиться оператор:

 (6.8)

где Еобл – максимальная энергия облучения.

 (6.9)

где

 (6.10)

 (6.11)

 (6.12)

 (6.13)

 (6.14)

 (6.15)

Лазеры данного типа используют в качестве среды распространения выходного излучения волоконно-оптический кабель, который плотно стыкуется с активной средой лазера. Поэтому поражение прямым излучением возможно только в том случае, когда оператор направит включенный лазер непосредственно либо на участок кожи, либо в глаз.

Для того, чтобы предотвратить поражение персонала рассеянным или отраженным излучением лазера, активная среда помещена в защитный корпус. Внутренняя поверхность корпуса состоит из материала с высокой степенью поглощения на рабочей длине волны лазера. В случае неплотного контакта активной среды лазера с оптическим световодом, предусматривается изолирующий корпус с высокой степенью поглощения.

Для предотвращения не квалифицированного доступа к лазеру, в аппаратуре предусмотрена блокирующая система.

Эта система основана на обратной связи между передающими и приемными пунктами. В случае пропадания излучения на выходных цепях приемного пункта, в обратном направлении, т.е. от приемного пункта к передающему пункту, передается сигнал блокировки лазера передающей стороны. Промежуток между временем пропадания сигнала и отключением лазера составляет порядка 0,2-0,3 мс.

Для предотвращения несанкционированного доступа ко всему оборудованию волоконно-оптической системы передачи, к крышке кассеты, в которой находится оборудование, подключен датчик. При срабатывании датчика включается звуковая и световая сигнализация несанкционированного доступа.

В связи с тем, что данный лазер является полупроводниковым прибором малой мощности, особых мер по защите от вредных выделений, от шума (т.к. лазер является не шумящим) не требуется. Функции защиты от возможного вредного рентгеновского излучения выполняет корпус кассеты, в которой размещено оборудование волоконно-оптической системы передачи.

6.3 Требования безопасности при эксплуатации и обслуживании лазерных изделий

Выполнение требований безопасности должно обеспечивать исключение или максимальное уменьшение возможности облучения персонала лазерным излучением, а так же воздействия на него других опасных факторов.

К ремонту, наладке и испытаниям лазерных изделий допускаются лица имеющие соответствующую квалификацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

К работе с лазерными изделиями допускаются лица достигшие 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие курс специального обучения в установленном порядке по работе с конкретными лазерными изделиями и аттестацию на группу по охране труда при работе на электроустановках с соответствующим напряжением.

При эксплуатации изделий выше класса 2 должно назначаться лицо ответственное за охрану труда при эксплуатации.

Лазерные изделия, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться регулярной профилактической проверке. При проведении профилактической проверки следует обращать особое внимание на безотказность работы всех защитных устройств.

6.4 Расчет освещения линейно-аппаратного цеха

Главной задачей современной светотехники является обеспечение комфортной световой среды для труда, а также повышение эффективности и масштаба применения света в технологических процессах на основе рационального использования электрической энергии, расходуемой в осветительных устройствах и снижение затрат на их создание и эксплуатацию.

Условия искусственного освещения на предприятиях оказывает большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, а следовательно, на производительность труда, качество продукции и производственный травматизм.

При размещении осветительных приборов в линейно-аппаратном цехе (ЛАЦ) должны быть учтены следующие основные условия: создание нормируемой освещенности наиболее экономичным путем (применение газоразрядных ламп), соблюдение требований к качеству освещения; безопасный и удобный доступ для обслуживания; наименьшая протяженность и удобство монтажа групповой сети; надежность крепления.

Рассчитаем общее освещение линейно-аппаратного цеха (ЛАЦ). Для ЛАЦ характерным является чистота помещения.

Исходные данные:

Разряд зрительной работы – 5

Коэффициент отражения:

- потолка ρ пот = 70%

- стен ρ ст. = 50%

- пола ρ пол.= 30%

Нормируемая освещенность - 150 лк.

В ЛАЦ принята система общего освещения восемью люминесцентными лампами II группы ЛД, мощностью 40 Вт и световым потоком Фл = 2340 лм.

Расчетная высота подвеса (h).

Расчетная поверхность ламп находится на высоте (а) 1,5 м от пола.

Высота свеса ламп (в) – 0,1 м

Размеры линейно-аппаратного цеха:

- длина (А)- 10м

- ширина (В) – 4 м

- высота (С) – 3,5 м

Определим:

h= с – (а+в)=3,5-(1,5+0,1)=1,9 м (6.16)

Самое выгодное расстояние межу светильниками определим как:

L = λ х h (6.17)

где λ – расстояние между соседними светильниками равное 1,2 м

L= 1,2 х 1,9 = 2,28 м (6.18)

Определим индекс помещения по формуле:

 (6.19)

Коэффициент использования η = 68% (таблица 2.5/5/)

Коэффициент запаса Кз = 1,5

Световой поток ламп определяется по формуле:

 (6.20)

где, Е – заданная минимальная освещенность;

S - освещаемая поверхность;

Ζ – коэффициент неравномерности освещения (∑=1,1);

N – колличество ламп

Определим суммарный световой поток:

Е· Кз · S · Ζ 150 · 1,5 · 40 · 1,1

∑ф = η = 0,68 = 14558,8 лм (6.21)

∑ф 14558,8

N = Фл = 2340 = 7 ламп (6.22)

Используем светильник типа ЛСОО-2 – это светильник рассеянного света с пластмассовыми боковинами и металлической решеткой. Светильник подвешивается с двумя лампами ЛД 40 – 4 по 40 Вт в каждой.

Поэтому принимаем окончательно 4 светильника в 2 ряда, по 2 светильника в каждом ряду.

1

2

2,5 5

4

10

Рисунок 6.2-Размещение светильников в ЛАЦ

6.5 Оснащение помещений противопожарными средствами

Пожар, возникающий на предприятии связи, может привести к выходу из строя установок и аппаратуры связи и уничтожению материальных ценностей. Пожар часто угрожает жизни и здоровью людей.

Согласно /27/ на предприятии связи должна быть установлена электрическая пожарная сигнализация, к которой относятся:

Приборы - извещатели, устанавливаемые на территории предприятия; приёмные пункты пожарной сигнализации; электропроводная сеть, соединяющая все извещатели с приёмной станцией.

Извещатели пожара делятся на извещатели ручного действия, предназначенные для выдачи дискретного сигнала при нажатии соответствующей пусковой кнопки, и извещатели автоматического действия для выдачи дискретного сигнала при достижении заданного значения физического параметра.

Параметры, при изменении которых срабатывают автоматические извещатели различны.

Для фотоэлектрических и радиоизотопных извещателей (ИДФ-1М,

ИП-212-2, РИД-1, ДИП-З) таким параметром является задымлённость помещений. Для тепловых (ИП104-1, ИП 105-2/1, ПОСТ-1, ДПС - 038) - этот параметр - температура в помещении.

Для оптических и оптико-электронных (ДОП-2, ФЭУП-М, “Квант-1”) - задымлённость помещений.

Автоматические извещатели монтируются, как правило, на потолках помещений, а также в нишах стен и перекрытий, на оборудовании.

Извещатели устанавливаются в зоне наиболее вероятного загорания и в местах возможного скопления горячего воздуха и дыма, на пути следования конвективных потоков продуктов горения. При этом следует учитывать потоки воздуха, вызванные приточной или вытяжной вентиляцией.

Приёмные пункты пожарной сигнализации устанавливаются в помещениях пожарной или сторожевой охраны или в других помещениях с круглосуточным дежурством.

К линейным сооружениям пожарной сигнализации относятся кабели и провода, прокладываемые от извещателей до приёмных пультов, а также распределительные и оконечные устройства.

Как правило, в сетях пожарной сигнализации не разрешается применять воздушные линии.

Для системы пожарной сигнализации используются кабели комплексной системы слаботочной сети или самостоятельные кабели. Кабели за пределами зданий прокладывают в телефонных траншеях. Внутри здания - на высоте не менее 2,5 метров (по бортам, карнизам). Во взрывоопасных помещениях кабели нужно прокладывать в газовых трубах. Исправность систем пожарной сигнализации в процессе их эксплуатации контролируют специалисты пожарного контроля.

Наиболее дешевым и распространенным средством тушения пожаров является вода. Она обладает высокой теплоёмкостью и большим испарением, что позволяет эффективно отбирать тепло от очагов пожара. Вода подаётся к месту пожара через выкидной рукав, к свободному концу которого подсоединяется металлический ствол, служащий для образования и направления струи.

Для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, нельзя применять воду без специальных мер защиты людей от поражения электрическим током через струю воды.

На стенах зданий и вблизи колодцев с гидрантами устанавливаются специальные указатели. Пожарные краны обычно размещаются на лестничных клетках, в коридорах зданий и устанавливаются на высоте 1,35 м от пола. Вместе с пожарными рукавами и стволом они помещаются в специальный шкаф или нишу.

Для тушения пожаров в закрытых помещениях рекомендуется применять водяной пар, который может быть использован для тушения различных твёрдых и жидких веществ.

Огнегасительные свойства водяного пара заключаются в разбавлении им воздуха, в результате чего снижается концентрация кислорода и температура горящего вещества, концентрация водяного пара в воздухе при тушении огня должна быть 35Уо по объёму.

Для тушения электроустановок эффективным химическим средством является углекислота. При быстром испарении углекислоты образуется снегообразная масса, которая, будучи направлена в зону пожара, снижает концентрацию кислорода и охлаждает горящее вещество.

Ручные углекислотные огнетушители типов ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 конструктивно отличаются ёмкостью баллона соответственно 2, 5 и 8 л. Они приводятся в действие вручную открыванием запорного вентиля путём вращения маховика против часовой стрелки. Эти огнетушители предназначены для тушения небольших очагов пожара, применяются в закрытых помещениях и могут быть использованы в электроустановках, находящихся под напряжением, вследствие низкой электропроводности углекислоты.

Все огнетушители подвергаются периодической проверке и перезарядке.

Согласно /27/ в ЛАЗе должен быть установлен пожарный извещатель. Согласно пункту 4.10 /27/ площадь, контролируемая одним дымовым пожарным извещателем и извещателем и стеной определяется по таблице 4.10/27/, но не превышает величин, указанных в технических условиях на извещатели.

В качестве извещателя будем использовать дымовой пожарный извещатель ДИП-З.

При высоте ЛАЗа 3,5 м, площадь контролируемая одним извещателем составляет 10 м^2.

Определим количество ДИП-З по формуле:

М=Цх[S/S0] (6.23)

где Ц - округление до ближайшего большего целого числа;

S - площадь ЛАЗа, м^2;

S0 - площадь, контролируемая одним ДИП-З, м^2.

М=Цх[40/10]=4 шт

Исходя из практического опыта приходим к выводу, что извещателей требуется больше, чем 4 штук. Разместим извещатели следующим образом (см. рисунок 6.3).

Это оптимальное расположение извещателей , их оказалось 6.

Рисунок 6.3 - Размещение извещателей в ЛАЦ

6.6 Восстановление разрушенных земель при прокладке кабеля

Рекультивация земель при строительстве ВОЛС, на участках трассы, где проводятся работы по открытию траншей и котлованов, в обязательном порядке должна проводиться рекультивация земель.

Техническая рекультивация земель при строительстве линий связи заключается в снятии плодородного слоя почвы до начала строительных работ, транспортировке его к месту временного хранения и нанесении его на прежнее место. Приведение земельных участков в пригодное состояние производится в процессе выполнения работ, а при невозможности этого не позднее месячного срока после завершения работ, исключая период промерзания грунта. В проекте рекультивации земель в соответствии с условиями предоставлении земельных участков в пользование и с учётом местных природно-климатических особенностей должны быть определены: границы угодий по трассе кабельной ЛС, в которых проведение рекультивации; толщина снимаемого слоя почвы по каждому участку, подлежащему рекультивации; ширина зоны рекультивации в пределах полосы отвода; место расположения отвала для временного хранения снятого плодородного слоя почвы и восстановления её плодородия; допустимое превышение нанесённого плодородного слоя почвы над уровнем ненарушенных земель. Работы по снятию, транспортировке, организации хранения и нанесению плодородного слоя почвы производятся силами строительной организации. Восстановление плодородия почв (внесение удобрений, вспашка, известкование) обеспечивается землепользователями, которым передаются эти земли. Снятие, транспортировка и нанесение плодородного слоя почвы выполняются, как правило, до наступления устойчивых отрицательных температур. При необходимости проведения работ в зимний период плодородный слой почвы должен быть снят и складирован до его промерзания. Плодородный слой почвы снимается с полосы, равной ширине траншеи по верху плюс удвоенная ширина Бермы, а также с мест возможного загрязнения и порчи. Размеры принимаются в зависимости от типа механизма, от способа разработки траншей, глубины и числа прокладываемых оптических кабелей (защитных проводов). Размещение полосы рекультивации относительно оси траншеи, место расположения вынутого из траншеи грунта и плодородного слоя почвы показаны на рисунке 6.3. Снятие и перемещение плодородного слоя почвы, как правило, производятся бульдозером вдоль оси траншеи с выездом к полосе отвала под углом 450. Полоса отвала снятого плодородного слоя почвы должна быть параллельна оси траншеи. Передача рекультивированных земель землепользователям оформляется актом в установленном порядке.

.

0.2

0.2

1

6

4

3

2

Зона работы

След колеса экскаватора

Зона рекультивации

След колеса экскаватора

Зона работы

по засыпке траншей бульдозером

Рисунок 6.3 Схема работ по рекультивации при рытье траншей экскаватором

1 - минимальная полоса, с которой снимается плодородный слой почвы; 2- отвал плодородного слоя почвы; 3 - отвал минерального грунта из траншеи; 4- траншея; 5 – кабель.

Список литературы

1. Аваков Р.А., Игнатьев В.О., Попова А.Г.. Чагаев Н.С. «Управляющие системы электросвязи и их программное обеспечение», М. «Радио и связь», 1991 г.

2. Бутусов М.М., Верник С.М., Галкин С.Л. и др. «Волоконно-оптические системы передачи», Учебник для ВУЗов, М. «Радио и связь», 1992г.

3. Вандель & Гольдерманн, «Электронно- вычислительная техника. Методы измерения для ЦСП» Семинар, 1998г.

4. «Волоконно-оптические системы передачи.» Конспект лекций для студентов специальностей 2305. Составители: Замрий А.А., Мауленов О.М. Алматы, АЭИ, 1994г.

5. Гроднев И.И., Мурадян А.Г., Шарафутдинов Р.М. и др. «Волоконно- оптические системы передачи и кабели». М. «Радио и связь», 1993 г.

1. Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И., «Оптические кабели: конструкции, характеристики, производство и применение», М. Энергоатомиздат, 1991 г.

7. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. «Волоконно-оптические кабели. Современные проблемы волоконно-оптических линий связи» Том1, М.,1999г.

8. «Нормы приемо-сдаточных измерений элементарных кабельных участков

магистральных и внутризоновых подземных волоконно-оптических линий передачи сети связи общего пользования». Авторы Цым А.Ю., Деарт И.Д.,1997г.

9. Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Компьютерные сети. Принципы, технологии,

протоколы» Учебник: Санкт-Петербург «Питер», 1999г

1. «О нормативах численности производственного штата для территориальных центров управления междугородными связями и телевидением», НАК Казахтелеком, Алматы, 1997г.
2. «Организация планирование и управление предприятиями связи» Учебник для ВУЗов, 1990г.
3. «Основы экономики телекоммуникаций» «Радио и связь», 1998г.
4. «Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест», Министерство труда РК, 1996г.
5. «Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи», Учебное пособие для Вузов под редакцией Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В.: М. «Радиосвязь», 1996г.
6. «Сборник упражнений и задач по волоконно-оптическим линиям связи»,

С.И. Иванов, В.Н. Коршунов, С.Н. Ксенофонтов, Учебное пособие, М., 1987г.

1. SIEMENS «Кабели наружной прокладки» Издано: Public Communication Network Group Business Unit Transport Networks,1998г.
2. SIEMENS «Синхронная волоконно-оптическая система SL4», версия 1. Издано: Public Communication Network Group Business Unit Transport Networks,1998г.
3. SIEMENS Мальке Г., Гессинг П. «Волоконно-оптические кабели. Основы проектирования кабелей. Планирование систем.» Перевод. Издательство Новосибирск, 1997г.
4. SIEMENS «Синхронный линейный терминал SLT16 и синхронный линейный регенератор SLR16», версия 1. Издано: Public Communication Network Group Business Unit Transport Networks,1998г.
5. Слепов Н.Н. «Синхронные цифровые сети SDH»: М. «Эко-Трендз», 1999г.
6. «Справочные материалы по проектированию» Книга 1, Книга 2, Гипросвязь, М., 1999г.

22. Техническая документация по оборудованию VLT-1920.

1. Техническая документация по оборудованию K-1920.
2. «Технико-экономическое обоснование дипломных проектов» под

редакцией В.К. Бенклешова, М. «Высшая школа»,1991г.

1. Убайдуллаев Р.Р. «Волоконно-оптические сети», Издание второе,

исправленное, М. «Эко-Трендз», 2000г.

1. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под ред. В.И. Иванова - М. «Радио и связь», 1995 г.
2. Хромов Е.И. «Основы построения аналоговых систем передачи», М. «Радио и связь», 1983г.
3. «Экономика связи» Е.А. Голубицкая, Г.М. Жигульская «Радио и связь», 1999г.