Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение ВПО
«Южно-Уральский государственный университет»»
Факультет «Компьютерные технологии, управление и радиоэлектроника»
Кафедра «Инфокоммуникационных технологий»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ИКТ
_____ С.Н. Даровских
“ 10 ” 06 2016г.

Проектирование участка транспортной сети с использованием радиорелейного оборудования Alcatel Lucent

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ - Д 210700.62.2016.329.00 ПЗ (ВКР)

Руководитель работы
Новиков В.В._____
“ 10 ” 06 2016г.

Автор работы
студент группы ПС-410
Станогин А. Е. _____
“ 10 ” 06 2016г.

Нормоконтролер
Спицына В.Д._____
“ 10 ” 06 2016г.

Челябинск 2016

Министерство образования и науки российской федерации
«Южно-Уральский государственный университет»
Факультет «Компьютерные технологии, управление и радиоэлектроника»
Кафедра «Инфокоммуникационных технологий»
Направление 210700.62 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ИКТ
Даровских С.Н.
«11» 02 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра

Станогина Александра Евгеньевича

1 Тема работы

Проектирование участка транспортной сети с использованием радиорелейного оборудования Alcatel Lucent

утверждена приказом по университету от 15.04 2016 г. № 661 прик. 75

2 Срок сдачи студентом законченной работы 10 июнь 2016 г.

3 Требования к работе

3.1 Проанализировать рынок радиорелейных систем.

3.2 Обосновать выбор радиорелейного оборудования.

4 Расчет качественных показателей радиорелейного оборудования

4.1 Определение высот антенн

4.2 Расчет устойчивости РРЛ

4.3 Расчет пролетов

5 Иллюстративный материал (плакаты, альбомы, раздаточный материал, макеты, электронные носители и др.)

5.1 Презентация

Общее количество иллюстраций – 2.

6 Дата выдачи задания 26.02.2016 г.

7 Руководитель Невесков В.В.

8 Задание принял к исполнению / Станоник А.Е.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
1 Основной раздел:	10.03.16	
– анализ рынка радиорелейного оборудования	6.03.16	
– выбор РРС	6.03.16	
– проектирование РРЛ	6.03.16	
– расчёт пролетов	9.03.16	
2 Оформление ПЗ	10.04.16	
3 Графическая часть	23.05.16	
4 Защита проекта		

Заведующий кафедрой _____ /. [illegible] С.Н.

Руководитель работы (проекта) _____ /. Новиков В.В.

Студент _____ /. Сталонин А.Е.

АННОТАЦИЯ

Станогин А.Е. Проектирование участка транспортной сети с использованием радиорелейного оборудования Alcatel Lucent. – Челябинск: ЮУрГУ, КТУР–410, 2016, – 43 с., 5 ил., 4 табл., библиогр. список – 22 наим., 10 листов слайдов презентации ф. А4.

В данной дипломной работе рассмотрена возможность внедрения ЦРРЛ с использованием радиорелейного оборудования Alcatel Lucent.

Изучена методика выбора трассы РРЛ, наиболее оптимальные варианты ее прохождения по местности. Выполнено ознакомление с радиорелейным оборудованием компании Alcatel.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....6
1 Радиорелейное оборудование 9
1.1 Технологии цифровых радиорелейных линий..... 9
1.2 Объем и вид передаваемой информации..... 11
1.3 Энергетические характеристики 13
1.4 Преимущества SDH 15
1.5 Постановка задачи 17
2 Расчёт качественных показателей радиорелейной линии прямой видимости 18
2.1 Выбор аппаратуры 18
2.2 Выбор трассы РРЛ 25
2.3 Предварительное определение высот антенных опор 26
3 Применение пассивных ретрансляторов при проектировании радиорелейных линий связи 27
3.1 Исходные данные для расчета устойчивости 27
3.2 Расчет пролетов..... 28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 40
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 41

ВВЕДЕНИЕ

Компания «Alcatel» поставляет коммуникационные решения, позволяющие операторам связи, сервис-провайдерам и корпоративным пользователям поддерживать для своих заказчиков и сотрудников услуги, связанные с передачей голоса, данных видео. «Alcatel» предлагает целый спектр интегрированных решений для транспортных сетей и сетей передачи данных, решения для высокоскоростного доступа в Интернет и сетей сотовой связи, сетевые приложения и мобильные телефоны стандарта GSM, а также полезную нагрузку для космических систем связи.

«Alcatel» выпускает радиорелейные станции (РРС) малой дальности серии Alcatel 9400UX/LX/AWY и серий Alcatel 9600LSY/USY, которые широко применяются для связи между базовыми станциями сотовых сетей и контроллерами базовых станций. Кроме того, данные системы РРС используются для создания надежных каналов связи в корпоративных сетях и сетях общего доступа в городских и сельских районах.

В проектировании и строительстве линий связи имеются специфические трудности. Нередко практически невозможно проложить проводные и кабельные линии по труднопроходимым местам. Поэтому широкое развитие получили радиорелейные линии связи.

Одним из основных видов современных видов связи являются радиорелейные линии (РРЛ) прямой видимости, которые предназначены для передачи сигналов многоканальных телефонных сообщений, радиовещания и телевидения, телеграфных и фототелеграфных сигналов, передачи газетных полос. Все виды сообщений передаются по РРЛ на большие расстояния с высоким качеством и большой надёжностью.

Современные радиорелейные системы передачи характеризуются многими техническими и экономическими показателями, основными из которых является пропускная способность, устойчивость работы стволов, уровни шума (или отношение сигнал/шум) в каналах аналоговых стволов, вероятность ошибки про

передачи цифровых сигналов, надёжность. К основным экономическим показателям относятся удельные затраты на строительство и удельные годовые эксплуатационные затраты. При проектировании, требования к пропускной способности обычно задаются. Остальные технические показатели выбираются в соответствии с нормами ЕАСС или рекомендациями МККР. В этих условиях радиорелейную систему передачи следует оптимизировать на основе принципа минимума затрат на выполнение заданных требований к показателям качества каналов.

Проектирование РРЛ прямой видимости включает комплекс вопросов: выбор трассы РРЛ, определение просветов на пролётах, проверочный расчёт устойчивости работы на выходе линии. Основным достоинством цифровых радиорелейных линий является:

- передача любых видов информации (телефонии, телевизионных сигналов, передачи данных);

- существующие аналоговые системы большей ёмкости могут быть легко заменены цифровыми т.к. цифровые радиорелейные системы обеспечивают высококачественную связь на тех пролётах и участках.

Основным условием достижения связи является принцип прямой видимости. Это условие определяется правильным определением высот подвеса антенн. На качественные показатели радиорелейной трассы влияют замирания сигнала, вызванные многолучевым распространением и замирания вследствие рефракции радиоволн в тропосфере. Поэтому необходим расчёт устойчивости связи с учётом рефракции и многолучевого распространения радиоволн, при заданной вероятности ошибки в цифровых радиорелейных линиях. При выполнении расчёта с применением компьютера резко сокращается время на проектирование трассы, быстро и наглядно проводится оптимизация трассы, таких как: высота подвеса антенн, длина пролёта, частота выбранного диапазона.

Для борьбы с замираниями, могут использоваться различные методы разнесённого приёма:

- частотное разнесение;

- пространственное разнесение;

- угловое разнесение.

На радиорелейных линиях связи помимо промежуточных станций целесообразно применять так называемые пассивные ретрансляторы. При использовании пассивных ретрансляторов стоимость пассивного пункта в горных условиях оказывается во много раз меньше обычной станции. Велик также выигрыш и в эксплуатационных расходах. Таким образом использование пассивных ретрансляторов приводит к большой экономической выгоде, увеличивает длину пролёта и надёжность связи, и при этом снижаются высоты опор активных станций.

1 Радиорелейное оборудование

1.1 Технологии цифровых радиорелейных линий

Технология цифровых радиорелейных линий, достигшая высокого качественного и количественного развития во всем мире, стала в настоящее время совершенно необходимым звеном создаваемого ныне нового телекоммуникационного пространства.

За шесть десятилетий своего развития радиорелейные линии (РРЛ) превратились в эффективное средство передачи сотен и тысяч телефонных сигналов на расстояния в тысячи километров, конкурируя с другими средствами связи, в том числе кабельными и спутниковыми, удачно дополняя их[1].

Сегодня РРЛ стали важной составной частью цифровых сетей электросвязи – ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и даже международных, поскольку имеют ряд важных достоинств, в том числе:

- возможность быстрой установки оборудования при небольших капитальных затратах (малые габариты и масса радиорелейных систем (РРС) позволяют размещать их, используя уже имеющиеся помещения, опоры и всю инфраструктуру сооружений);

- экономически выгодная, а иногда и единственная возможность организации многоканальной связи на участках местности со сложным рельефом (лес, горы, болота и пр.);

- возможность применения для аварийного восстановления связи в случае бедствий, при спасательных операциях и др.;

- эффективность развертывания разветвленных цифровых сетей в больших городах, и индустриальных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна;

- высокое качество передачи информации по РРЛ, практически не уступающее ВОЛС и другим кабельным линиям.

Оборудование РРЛ, которое сейчас доступно, столь разнообразно (сертифицировано около двух сотен РРС), что потребителю подчас сложно выбрать для себя оптимальный тип радиорелейного оборудования (РРО).

На этапе выбора аппаратуры обычно известны только топология проектируемой сети (количество, протяжённость интервалов и конфигурация сети), объём и вид передаваемой информации, схема связи (схема распределения каналов или потоков на промежуточных станциях), а также требуемое качество связи; поэтому на этом этапе, как правило, руководствуется следующими критериями:

а) соответствие аппаратуры условиям эксплуатации по температурному диапазону, устойчивости к воздействию гидрометров (дождь, снег, иней, роса), по ветровым нагрузкам, габаритно-весовым характеристикам, возможному удалению от антенны от аппаратного помещения; надежность, обеспечение гарантийного и послегарантийного ремонта, ремонтопригодность в условиях эксплуатации;

б) соответствие аппаратуры требованиям к системе телеобслуживания: возможности управления всей линией из одного пункта, дистанционный контроль состояния аппаратуры, качественных характеристик передачи информации в реальном масштабе времени, поиск неисправности, наличие служебных и сервисных каналов;

в) возможность получения разрешения на строительство РРЛ.

Особо отмечу, что получение разрешения на строительство РРЛ – задача, которую следует решить при выборе оборудования в первую очередь.

Дальнейший анализ и выбор аппаратуры в соответствии с перечисленными выше критериями целесообразно проводить на основе следующих основных характеристик, которые в совокупности достаточно полно отражают возможности оборудования.

1.2 Объем и вид передаваемой информации

Вновь разрабатываемые системы, предназначены, как правило, для передачи информации только в цифровом виде РРС для передачи телевизионных сигналов имеют свою специфику и в дальнейшем будут рассмотрены как отдельная группа.

Исходя из скорости передачи информации, цифровые РРЛ можно разделить на две основные группы.

А) Низкочастотные РРС. К ним относятся все отечественные РРС и подавляющая часть зарубежных, предлагаемых в России (из них около полусотни имеют российский сертификат).

Подобные РРС рассчитаны на трафик 16Е1 (или Е3). Отметим, что ещё несколько лет назад РРЛ с трафиком Е3 считались среднескоростными, но сегодня это – станции «низового звена» цифровых сетей, обеспечивающие возможность изменения (иногда программным путём) пропускной способности в пределах Е1 или 2Е1 до 8Е1 или 16Е1.

Стало просто невыгодно выпускать РРС специально для передачи лишь потоков Е1 или менее, за исключением ряда новых весьма специфических и редких пока применений, о которых речь пойдёт ниже (передача Е1 шумоподобными сигналами, распределенные станции для систем доступа и пр.)

Б) Высокоскоростные РРС. Эти РРС в настоящее время создаются практически только на основе SDH-технологии (см. ниже) и имеют скорость передачи в одном стволе 155,52 Мбит/с (STM-1). РРЛ со скоростью передачи 622,08 Мбит/с в одном стволе в России пока не применялись.

Ранее к высокоскоростным относили РРС для передачи Е4 (т.е. около 139,254 Мбит/с) в сети PDH, но как уже говорилось потребность нашей страны в них можно считать исчерпанной и новые РРЛ строятся уже на базе SDH-технологии, т.е. со скоростью передачи 155,52 Мбит/с, хотя и обеспечивают возможность передачи 140 Мбит/с[1].

Высокоскоростные РРЛ применяются для построения магистральных и зоновых линий, а также для резервирования ВОЛС, в качестве радиовставок в ВОЛС на участках со сложным рельефом, для сопряжения ВОЛС (STM-4 или STM-16) с сопутствующими локальными цифровыми сетями и др.

Среди высокоскоростных РРС можно выделить две группы, отличающиеся по назначению, свойствам, конфигурации, конструкции и др. Это, во-первых, многоствольные РРС, рассчитанные обычно на передачу до шести-семи потоков STM-1 по параллельным радиостволам, из которых один или два – резервные (конфигурация оборудования «3+1», «7+1» или 2 х (3+1)). Протяжённость РРЛ, как правило велика – сотни километров и более.

Во-вторых, РРС, предназначенные для ответвлений от магистральных линий, необходимых при создании зоновых сетей и некрупных локальных ведомственных сетей, а также для передачи потоков STM-1 (155 Мбит/с) в условиях больших городов. Для этих ответвлений, как правило, используется диапазоны семь, восемь, реже 11 Ггц, а для связи в больших городах – диапазоны 15, 18, 23 Ггц.

По конфигурации это обычно двухствольные РРЛ на скорость STM-1, один из стволов – резервный (по схеме «1+1»). Аппаратура – компактная, малогабаритная; приемопередатчик (блок «ODU» - Outdoor Unit) расположен у антенны в пылевлагозащищенном контейнере и соединяется с «нижним» оборудованием (блок «IDU» - Indoor Unit) одним или двумя коаксиальными кабелями длиной 100...300 м.

К этой группе высокоскоростных РРС, использующих технологию SDH, можно отнести РРС со скоростью передачи информации 51,84 Мбит/с (STM-O, см. ниже), которые иногда называют «среднескоростными». Они упрощают реализацию ответвлений от синхронных линий передачи, позволяют значительно увеличить возможности построения сетей SDH различной конфигурации, ответвлять от ВОЛС или РРЛ информацию к сетям доступа пользователя, подключать к сетям SDH до 21 потока E1, а также потоки E3.

К числу исходных параметров при выборе оборудования, помимо объёма передаваемой информации, следует сразу отнести также возможность построения многоинтервальных РРЛ. Некоторые образцы РРС, особенно отечественных, вполне подходят для организации одноинтервальных РРЛ, но зачастую не рассчитаны на построение двух и более интервалов (по системе телеобслуживания, надёжности, качеству связи и др.).

Скорости передачи информации в РРЛ тесно связаны с видом используемой технологии, поэтому расмотрим подробнее специфику и некоторые тенденции применения PDH и SDH в РРЛ.

1.3 Энергетические характеристики

Энергетические характеристики оцениваем Коэффициентом системы (Кс), представляющим собой выраженное в децибелах, отношение выходной мощности передатчика к минимальной – «пороговой» мощности полезного сигнала на входе приёмника при обеспечении заданного уровня достоверности передачи информации. Очевидно, чем больше величина Кс, тем больше возможное расстояние и качество связи при фиксированной антенне.

Рассмотрим основные факторы, влияющие на коэффициенты системы.

Мощность передатчика для радиорелейных станций ограничивается Международными рекомендациями, с одной стороны, и возможностью реализации с точки зрения габаритов, надёжности, приемлемого уровня потребления с другой. Реально мощность СВЧ-передатчиков современных РРС находится в пределах от 1 Вт до 30 мВт.

Пороговый уровень полезного сигнала зависит, главным образом, от двух факторов – коэффициента шума приёмного устройства по входу приемника и от порогового отношения сигнал/шум на входе демодулятора, при котором достигается заданная достоверность. Коэффициент шума определяется, в основном, входным МШУ и в современных приёмниках составляет от 1,5 до 9 дБ в зависимости от диапазона.

Метод модуляции одновременно определяет и ширину излучаемого спектра, а, следовательно, требуемую ширину полосы приемопередатчика, и пороговое отношение сигнал/шум в демодуляторе. В настоящее время в РРЛ используются следующие виды модуляции:

- для высокоскоростных РРС (от 155 Мбит/с и выше) – квадратурная амплитудная модуляция с уровнем квантования 64 и выше (64QAM и выше), либо более сложные методы модуляции, объединяющие модуляцию и кодирование, в частности, решетчатая кодовая модуляция (ТСМ) и блоковая кодовая модуляция (ВСМ);

- для среднескоростных РРС – 16QAM, 32 QAM;

- для низкочастотных РРС (ниже 34 Мбит/с) – наиболее распространена модуляция QPSK, которая позволяет вдвое уменьшить ширину спектра сигнала по сравнению с 2-PSK (т.е. ОФТ) без потери помехозащищенности. При этом используется несколько модификаций QPSK – офсетная O-QPSK, с постоянной огибающей CEPM или C-QPSK, 4QAM и др., отличающиеся методами реализации.

Многие фирмы применяют более простой метод 4FSK, обеспечивающий такую же занимаемую полосу частот, что и QPSK, но за счёт некоторого снижения энергетики РРЛ. Для малых скоростей передачи иногда применяют ещё более простые методы – 2PSK и FSK, особенно в диапазонах 26…40 Ггц.

Для скорости 34 Мбит/с наметилась тенденция замены QPSK на 16QAM в диапозоне ниже 13 Ггц, с целью уменьшения занимаемой полосы ствола РРЛ до 14 МГц вместо 28 МГц при QPSK. Т.е. чем выше скорость передачи, тем более сложную модуляцию приходится использовать, чтобы вписаться в стандартные планы частот РРЛ, а чем сложнее вид модуляции, тем сложнее аппаратурная реализация и, соответственно, выше стоимость изделия.

Отметим, что при сравнении энергетических параметров РРС антенны обычно не учитывают, т.к. их коэффициент усиления определяется, в основном,

габаритами и выбирается проектировщиками линии связи в зависимости от конкретных условий.

1.4 Преимущества SDH

Цифровые радиорелейные системы связи в наше время базируются на двух основных технологиях:

- синхронной цифровой иерархии (SDH);
- плезиохронной цифровой иерархии (PDH).

PDH применяются в основном для организации зоновый, местной (городской) радиорелейной связи с низкой и средней пропускной способностью.

SDH применяется для построения магистральных и зоновых радиорелейных линий со скоростью 155,52 Мбит/с (STM-1). Радиорелейные линии со скоростью передачи 622,08 Мбит/с (STM-4) в одном стволе в СНГ пока не применяются. Потоки STM-4, STM-16 и STM-64 в SDH применяются в волоконно-оптических системах связи.

Радиорелейные линии синхронной цифровой иерархии предпочтительней радиорелейных линий плезиохронной цифровой иерархии, поскольку имеют ряд важных достоинств, в том числе:

- возможность прямого доступа к любому из сигналов (преимущество временного уплотнения), передаваемых в составе группового потока минуя процедуры последовательного мультиплексирования;
- структура STM-1 обеспечивает стыковку SDH почти со всеми существующими в мире сигналами PDH и позволяет создавать цифровые сети любой конфигурации;
- организация служебных каналов в заголовке пакета SDH для контроля и управления потоком в сети;
- наличие средств маршрутизации потоков низшего уровня;

- применение квадратурной амплитудно-фазовой модуляции с уровнем квантования 64,128 и выше (64QAM, 128QAM и выше), что снижает полосу занимаемых частот на один ствол по сравнению с двукратной относительно-фазовой модуляции, применяемой в радиорелейных линиях с низкой и средней пропускной способностью в 3;3,5 раза, при одинаковой скорости передачи;

- существующие аналоговые системы большей ёмкости могут быть легко заменены цифровыми, т.к. цифровые радиорелейные системы обеспечивают высококачественную связь на тех же пролётах и участках, и цифровые радиорелейные системы могут легко использовать те же частотные планы, что и аналоговые радиорелейные системы. При скорости 155,52 Мбит/с (STM-1) и с модуляцией 64QAM полоса частот сигнала составляет 28 МГц, что соответствует полосе частот при частотном планировании в аналоговых радиорелейных системах с организацией в стволе 720 или 1920 каналов телефонии, или одного телевизионного канала (пример: Курс-4, GTT-70). Это означает, что можно использовать существующие частотные планы, что повышает электромагнитную совместимость аналоговых и цифровых систем, и позволяет совместное использование аналоговых и цифровых каналов в одном частотном плане или диапазоне;

- пропускная способность цифровой радиорелейной системы в пределах отведенного диапазона частот может быть удвоена (с восьми до 16 потоков режима STM-1) путём передачи радиосигналов по одной несущей с помощью ортогональных поляризаций.

В данное время в области проектирования радиорелейных линий наметились новые тенденции:

- применение более сложных методов модуляции объединяющих модуляцию и кодирование (решетчатая кодовая модуляция и блоковая кодовая модуляция), а также уменьшающих полосу используемых частот (амплитудно-фазовая модуляция), а также уменьшающих полосу используемых частот (амплитудно-фазовая модуляция с уровнем квантования 256 и 512);

- применение для низкочастотных радиорелейных линий принципиально новых методов передачи сообщений с помощью шумоподобных сигналов.

DSSS-Direct Sequence Spread Spectrum – методпрямойпоследовательности FHSS-Frequency Hopping Spread Spectrum – методчастотныхскачков.

В последние годы радиорелейные линии связи становятся все более предпочтительнее других средств связи. Это связано с повышением надёжности, дальности связи, возможностью теленаблюдения и сетевого управления, передачи любых видов информации и легкостью обслуживания. С помощью радиорелейных линий можно, в кратчайшие сроки и при любой сложности рельефа создать систему связи, а также организовать соединение базовых станций в системах подвижной радиосвязи и цифровые сети передачи данных по радиоканалам. Хотя современное цифровое радиорелейное оборудование стоит недешево, но всё же высокочастотные системы связи до 622 Мбит/с (STM-4) выгоднее строить на базе радиорелейных линий, а не на основе волоконно-оптических линий связи. Особенно это касается горных, малодоступных и малонаселённых районов, и районов с большим количеством водных преград. Прокладка оптоволоконного кабеля в таких районах нецелесообразна, а порой и невозможна.

1.5 Постановка задачи

В данном дипломной работе, мы рассматриваем возможность внедрения ЦРРЛ с использованием радиорелейного оборудования Alcatel Lucent.

Данной работой предлагается:

- спроектироватьРРЛ прямой видимости;

- изучить методику выбора трассы РРЛ, наиболее оптимальные варианты ее прохождения по местности;

- ознакомиться с радиорелейным оборудованием компании Alcatel.

2 Расчёт качественных показателей радиорелейной линии прямой видимости

2.1Выбор аппаратуры

Выбираем оборудование диапазона U6 – (6,425…7,11) ГГц.

Цифровая радиорелейная станция малой дальности, малой/среднейемкостиAlcatel 9400UX.

Система Alcatel 9400UX входит в семейство цифровых радиорелейных систем связи «точка-точка». Оборудование Alcatel 9400UX предназначено для организации радиорелейной связи на небольших расстояниях в ситуациях, когда существующая кабельная среда работает недостаточно надежно или когда прокладка кабеля является экономически невыгодной. Радиорелейные станции (РРС) малой дальности широко применяются для связи между базовыми станциями сотовых сетей и контроллерами базовых станций. Кроме того, системы РРС Alcatel используются для создания надежных каналов связи в корпоративных сетях и сетях общего доступа в городских и сельских районах.

Ознакомиться с оборудованием можно ниже (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Система AlcatelLucent

Alcatel 9400UX состоит из внутреннего блока (indoor unit – блок внутренней установки) и внешнего блока (outdoor unit – блок внешней установки). Эти блоки соединяются между собой стандартным коаксиальным кабелем длиной до 300 метров (до 700 метров – при использовании высококачественного кабеля с низким уровнем затухания сигнала). По этому же кабелю передаётся служебная сигнализация, напряжение питания для внешнего блока и дополнительная информация. Внешний блок может работать в самых неблагоприятных условиях при температурах от -33°С до +55°С. Внутренний блок работает при температурах от -10°С до +55°С.

Alcatel 9400UX способна удовлетворить самым разнообразным потребностям в организации надежных каналов связи в корпоративных и федеральных сетях передачи данных. Семейство цифровых радиорелейных станций Alcatel 9400UX предоставляет однородные технические решения длядиапозонов от 7 до 38 ГГц и обеспечивает максимальную производительность в каждом частотном диапазоне.

Alcatel 9400UX может использоваться в самых разных областях:

- передача регионального и местного телефонного трафика и данных;
- сотовые сети мобильной связи и микросотовые сети;
- сети широкополосной передачи данных LMDS;
- частные сети для передачи данных (локальные и глобальные) и связь с цифровыми терминалами (УАТС, видеоконференции и т.д.);
- сети коммунальных служб и ведомственные сети (газопроводы, линии электропередачи, железные дороги и т.д.).

Характеристики продукта

К характеристикам относятся:

- интегрированная антенна;
- емкость для передачи трафика – от двух каналов E1 до 16 каналов E1/E3;
- диапазоны частот 7, 8, 13, 15, 18, 23, 25 и 38 Гц;

- соединение внешнего и внутреннего блоков с помощью одного коаксиального кабеля;

- загрузка программного обеспечения по сети;

- удобный ПК-интерфейс (Windows);

- код идентификации канала для предотвращения приема нежелательных сигналов;

- многоуровневые системы тестирование;

- интегрированные средства сетевого управления;

- поддержка SNMP-агентов с функциями настройки маршрутизации по TCP/IP.

Радиорелейная станция Alcatel 9400UX состоит из внешнего блока (outdoor unit, ODU) и внутреннего блока (indoor unit, IDU).

Блок ODU может использоваться с интегрированной антенной (в диапазонах 13 Гц и выше) диаметром до 600 мм, которая быстро устанавливается с помощью специальных защелок.

Радиорелейная станция PDH нового поколения Alcatel 9400AWY обладает широком набором функций и отличается высоком уровнем интеграции. Блок ODU от этих станций может использоваться с платформой Alcatel 9400UX.

Взаимозаменяемость новых блоков ODU и блоков предыдущих поколений гарантирует защиту инвестиций заказчикам и с большой установленной базой устройств Alcatel 9400UX. Кроме того, взаимозаменяемость устройств облегчает работу с запчастями, техническую поддержку и расширение сетей.

Новый блок ODU потребляет на 20% меньше электроэнергии, имеет более компактные габариты и весит менее 4 кг.

Блок IDU отличается весьма малыми габаритами (высота – 1U) и может быть представлен в следующих конфигурациях:

- «лёгкий» блок Light IDU оптимизирован для мобильных приложений (до 4 каналов E1, избыточность 1+0). Его можно устанавливать в стандартную 19-дюймовую стойку или встраивать в базовую станцию;

- «классический» блок Classic IDU поддерживает все возможные функции [до 16 каналов E1, резервирование 1+0 и 1+1 с «горячим» резервом (hot stand-by, SHB) или пространственным разнесением (space diversity SD)].

Емкость

Радиорелейные системы малой дальности имеют встроенные функции мультиплексирования и передачи для существующих ёмкостей: 2E1, 4E1, 8E1, 16E1 и E3+E1.

Стандарты

Семейство радиорелейных станций Alcatel 9400UX Microwave отвечает стандартам ITU-R, ITU-T и ETSI, в том числе стандартам электромагнитной совместимости (EMC) и безопасности.

Технические характеристики

К техническим характеристикам относится:

- высокая спектральная эффективность достигается при установке модуляции 16 QAM, а высокий уровень системного усиления – при установке модуляции 4 QAM, благодаря возможности цифровой фильтрации;
- функция предкоррекции ошибок (forward error correcting, fec) и эквалайзер повышают характеристики радиосистемы;
- Alcatel 9400UX обеспечивает покрытие всего частотного диапазона четырьмя внешними блоками (один блок на 7/8 Гц);
- гибкое управление мощностью с тонкой настройкой;
- использование программных ключей позволяет увеличивать емкость вплоть до максимально возможной (в качестве опции) без аппаратной модернизации. максимальная емкость одного блока может достигать 16E1. эта функция оптимизирует использование частотного спектра и упрощает модернизацию;
- возможна интеграция дополнительных каналов (wayside traffic) по 2 Мбит/с (для конфигурации 34 Мбит/с);

- конфигурация 1+1 использует встроенную автоматическую безошибочную коммутацию приёма для защиты наиболее важных направлений;

- в состав цифрового фрейма включен код идентификации канала для исключения приема нежелательных сигналов;

- в системе реализована возможность установки тестовых петель (loop-back) с замыканием линии на ближнем (near-end) или дальнем (remote-end) конце. кроме того, имеется встроенная матрица кросс-коммутации потоков для тестирования и изменения конфигурации сети.

Система имеет встроенные функции тестирования, например, генератор псевдослучайных последовательностей битов, для стандартных измерений вероятностей битовых ошибок.

Широкий набор опций

Установленный программный ключ определяет максимальную емкость системы и гибкость ее настройки. Новые версии программного обеспечения можно загружать по сети в удаленном режиме, что значительно упрощает централизованное управление всеми блоками. Кроме того, Alcatel 9400UX поддерживает функции удалённого мониторинга и тестирования, в том числе кольцевого (RF loop), при работе с отдельными терминалами (13 ГГц и выше). Возможен также мониторинг и управление с помощью SNMP. Радиорелейные станции малой дальности могут поддерживать до пяти дополнительных каналов по 64 Кбит/с с широким набором интерфейсов для передачи голоса и данных. Кроме того, по требованию, обеспечивается резервирование элементов мультиплексирования и коммутации в соотношении 1+1.

Сетевой управление

Продукты Alcatel 9400UX используют передовую концепцию сетевого управления. Для управления используется либо агент SNMP поверх TCP/IP, либо фирменный протокол Alcatel. Alcatel 9400UX/SNMP Network Element (NE) поддерживает интерфейсы SNMP и интеграцию агента SNMP для управления с помощью внешней системы NMS (Network Management System – система

сетевого управления). В мультивендорной среде управление может осуществлять либо Alcatel 1300 NMS, либо другая система NMS через интерфейс SNMP. Кроме того, протокол SNMP позволяет автоматически передавать управляющие сообщения телекоммуникационной сети через любые интерфейсы TCP/IP, работающие на сетевом оборудовании.

Технические спецификации

Радио

Стабильность частот:

- Alcatel 9400 LX/UX: ± 5ppm;
- Alcatel 9400 UX: ± 10ppm.

Шаг сетки частот:

- Alcatel 9400 LX/UX: 10 кГц;
- Alcatel 9400 UX: 0,25 МГц.

Мультиплексирование

Основные интерфейсы:

- 2 Мбит/с G.703 – 120 или 75 Ом;
- 34 Мбит/с G.703 – 75 Ом.

Джиттер ITU-T G.823/G.921:

- коммутация приёма: безошибочная автоматическая коммутация.
- сервисные каналы;
- дополнительные каналы 64 Кбит/с: от 2 до 5, в зависимости от ёмкости и типа IDU;
- интерфейсы сервисных каналов;
- управляющий канал EOW, избирательный вызов (DTMF), 300-3400 Гц, 4 провода.
- 64 Кбит/с сонаправленный G.703;
- 64 Кбит/с сонаправленный V11 (RS485) или V28 (RS422);
- 1 x9600 или 2x4800 бод V11 или V28;

- дополнительный канал 2 Мбит/с для систем емкостью 34 Мбит/с.

Механические особенности. Дополнительные интерфейсы

- внешний блок (ODU);
- ручка для установки/поддержки;
- прочие интерфейсы: интерфейс сервисного голосового канала (для версии UX).
- внутренний блок (IDU);
- визуальная информация: семь светодиодов;
- прочие интерфейсы;
- F-интерфейс для персонального компьютера (Windows);
- интерфейс голосового служебного канала.

Управление

- внутренние аварии (сухие контакты): 3 выхода;
- события среды (сухие контакты): 8 выходов/1 выход.

Канал управления:

- RS-485 2400/9600 бод, асинхронный;
- RS-485 64 Кбит/с, синхронный для SNMP.

Электропитание

- постоянный ток номинальное напряжение (стандарт): ±48 В, плавающее;
- постоянный ток, номинальное напряжение (опция): ±24 В, плавающее;
- максимальное энергопотребление (IDU + ODU);
- light IDU (1+0): 50 Вт;
- classic IDU (1+0/1+1): 60/120 Вт.

Антенна

- с улучшенными характеристиками ETSI класс 3.

Размеры:

- интегрированная – диаметр 300 мм (15 Гц и выше) и 600 мм (13 Гц и выше);

- интегрированная для больших диаметров и для 7/8 Гц.

Окружающая среда

Рабочая температура:

- ODU: от -33 до +55°C;

- IDU: от -10 до +55°C;

EMI-EMC: ETSI ETS 300-385, grade B;

- безопасность: EN 60950.

Габариты

- IDU (высота х ширина х глубина): 44 х 450 х 235 мм, вес – 3 кг;

- ODU 7/8 Гц (высота х ширина х глубина);

- 1+0: 369 х 325 х 234 мм, вес – 12 кг;

- 1+1: 369 х 325 х 234 мм, вес – 25 кг.

- ODU 13, 15, 18 Гц (высота х ширина х глубина);

- 250 х 220 х 250 мм, вес – 8 кг;

- ODU Flat 13 to 38 Гц (высота х ширина х глубина);

- 235 х 235 х 72 мм, вес – 4 кг;

Соединительный кабель:

- один коаксильный кабель с сопротивлением 50 Ом;

- Filotex 390998;

- длина до 300 м (до 700 м – при использовании кабеля с низким уровнем затуханием сигнала).

2.2 Выбор трассы РРЛ

При выборе трассы РРЛ предусматривается «зигзагообразность» исключающая помехи от станций, расположенных через три пролета.

На местности все промежуточные (ПРС) и узловые (УРС) станции РРЛ нужно располагать в местах с хорошими подъездными путями и близко расположенных к линиям электропередач. Это достигается при размещении УРС и ПРС недалеко от населенных пунктов. ПРС целесообразно ставить вдоль железных дорог или автомобильных дорог, чтобы был подъезд к станциям. УРС расставляются в крупно населенных городах. Максимальное расстояние между станциями должно быть не более 45 километров.

2.3 Предварительное определение высот антенных опор

Основным критерием для расчета высоты подвеса антенн на пересеченном пролете является условие отсутствия экранировки препятствиями минимальной зоны Френеля при субрефракции радиоволн. Как известно, основная часть энергии передатчика распространяется в сторону приемной антенны внутри минимальной зоны Френеля, представляющий эллипсоид вращения с фокусами в точках передающей и приемной антенн. Радиус минимальной зоны Френеля в любой точке пролета:

$$H_0 = \sqrt{\frac{R_0 \cdot \lambda \cdot k \cdot (1-k)}{3}},$$

где k - относительная координата критической точки профиля.

Просвет на пролете (т.е. расстояние между линией, соединяющий центры антенн, и критической точки профиля), существующий в течении 80% времени, должен быть не менее H0. В этом случае напряженность поля в точке приема будет равна напряженности поля при распространении радиоволн в свободном пространстве.

3 Применение пассивных ретрансляторов при проектировании радиорелейных линий связи

3.1Исходные данные для расчета устойчивости

Первый пролёт:

рабочая частота, Ггц: 7,11;

длина пролёта, км: 42,5;

расстояние до наивысшей точки пролета, км: 35;

расстояние препятствия, м: 1900;

высота местности при 1-й антенне, м: 950;

высота местности при 2-й антенне, м: 2405;

ширина препятствия, м: 1910;

диаметр антенны, м: 3.

Второй пролёт:

рабочая частота, Ггц: 6,4;

длина пролёта, км: 42;

расстояние до наивысшей точки пролета, км: 8;

расстояние препятствия, м: 2050;

высота местности при 1-й антенне, м: 2405;

высота местности при 2-й антенне, м: 808;

ширина препятствия, м: 2057;

диаметр антенны, м: 3.

3.2Расчет пролетов

Рассчитаем устойчивость связи в первом пролете.

$R_{ПР} = 42{,}5км$

Рассчитаем нулевой относительный уровень по формуле:

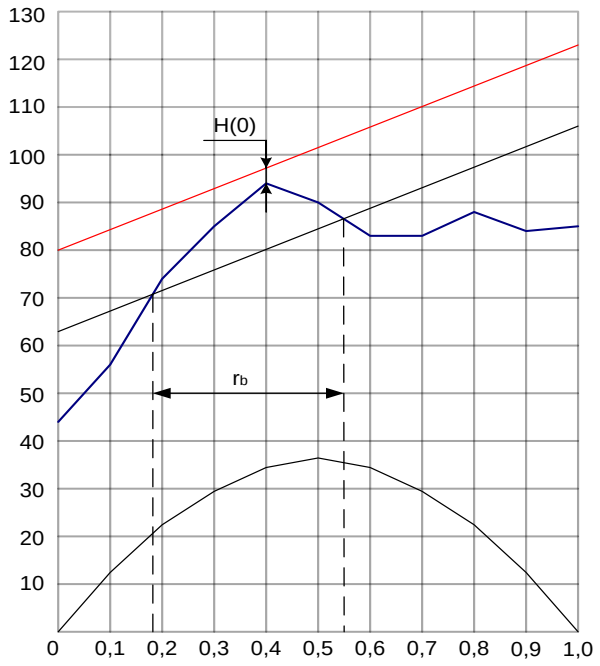
$$y_X = \frac{R_X (R_{ПР} - R_X)}{2r_З}$$, где $r_З$ = 6370км.

В таблице 3.1 приведен расчет первого профиля.

Таблица 3.1 - Расчет профиля первого пролета

Параметр	Значения										
Ki,км	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Rx,км	0,0	4,25	8,5	12,75	17	21,25	25,5	29,75	34	38,25	42,5
Yx, м	0,0	12,7	22,6	29,7	34	35,4	34	29,7	22,6	12,7	0,0
Y_1,м	45	56	73	85	93	90	83	83	87	84	85

Профиль пролета приведен ниже (рисунок 3.1).



Yx, м – условный нулевой уровень;

Y_1,м – профиль пролета с учетом условного нулевого уровня;

Рисунок 3.1- Профиль первого пролета

Наивысшей точки первый пролет достигает при R_1 = 17 км. Найдем величину просвета:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot R_{пр} \cdot \lambda \cdot K(1 - K)}$$

где λ - длина волны (0,05м),

K - относительный коэффициент препятствия.

$$K = \frac{R_1}{R_{пр}} = \frac{17}{40} = 0{,}4$$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} 42{,}5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}4(1 - 0{,}4)} = 13{,}038 м$$

Тогда получим геометрический просвет без учета рефракции H(0):

$$H(0) = H_0 - \Delta H(g) \qquad H(0) = 13{,}038 - 9{,}754 = 3{,}284 м$$

Теперь можно найти высоты подвеса антенн. От наивысшей точки проема откладываем вверх H(0). Получаем высоты подвеса: h_1 = 36 м, h_2 =39 м.

Определим значение затухания в антенно-волноводном тракте при использовании антенны:

$$a_{АВТ} = 2 \cdot a_{ПОСТ} + 0{,}015 l_В + 0{,}05 l$$

$$a_{ПОСТ} = a_{ПВ} + 2a_{ГВ} + a_{КЭ} + a_{ФВВ} + a_{СП}, дБ$$

$\alpha_{ПОСТ}$ – затухание в элементах АВТ.

$l_В, l_Г$ –длина вертикального и горизонтального волновода, соответственно.

$\alpha_{ПВ} = 0{,}1$ -затухание в волноводном переходе.

$\alpha_{ГВ} = 0{,}15$ -затухание в герметизирующей вставке.

$\alpha_{КЭ} = 0{,}2$ -затухание в корректоре эллиптичности.

$\alpha_{ФВВ} = 0{,}3$ -затухание в фильтре высших типов волн.

$\alpha_{СП} = 0.2$ -затухание в поляризационном селекторе.

Получаем:

$$a_{ПОСТ} = a_{ПВ} + 2a_{ГВ} + a_{КЭ} + a_{ФВВ} + a_{СП} = 0{,}1 + 0{,}3 + 0{,}2 + 0{,}3 + 0{,}2 = 1{,}1 дБ$$

$$a_{АВТ} = 2 \cdot a_{ПОСТ} + 0{,}015 l_В + 0{,}05 l = 2 \cdot 1{,}1 + 0{,}015(36 + 39) + 0{,}05 \cdot 10 = 3{,}825 дБ$$

Рассчитаем КПД:

$$\eta_{АВТ} = 10^{-0{,}1 a_{АВТ}}$$

$$\eta_{АВТ} = 10^{-0{,}1 \times 3{,}825} = 0{,}414$$

Рассчитаем минимальный множитель ослабления для телефонии:

$$V_{М-ТФ} = 44 - K_{ТФ} - L_{ПОСТ}$$

для этого определим коэффициент системы для случая неполной загрузки телефонного ствола:

$$Ктф = \frac{Pn}{Кп^2 \cdot k \cdot \mathrm{T}_0 \cdot (n_{\text{Ш}} - 1) \cdot \Delta F_{\text{К}} \cdot \beta_П(F_{\text{К}})} \cdot \left(\frac{\Delta f_{\text{К}}}{\mathrm{F}_{\text{К}}}\right)^2, \text{ где:}$$

Рп – мощность передатчика;

Кп – псофометрический коэффициент (Кп=0,75) для канала ТЧ;

k– постоянная Больцмана;

T_0– абсолютная температура принимаемая равной 290К;

$\beta п(F_К) = 0{,}4$- коэффициент, учитывающий изменение девиации частоты при введении предыскажений в зависимости от частоты канала (мы берем последний канал);

$n_ш$ – коэффициент шума;

$\Delta F_К$=3100 кГц – ширина полосы канала ТЧ;

$\Delta f_К$ –эффективное значение девиации частоты;

$F_К$ – средняя частота канала в групповом спектре.

Расчет будем производить для 900-го канала $F_К$ = 4138 кГц

$$Ктф = 146 дБ$$

$$Ктф = \frac{10}{0{,}75^2 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot (10 - 1) \cdot 3100 \cdot 0{,}4} \cdot \left(\frac{140}{4138}\right)^2 = 146 дБ$$

$K_{УС}$- коэффициент усиления используемых антенн.

$$L_{ПОСТ} = 10\lg\left(\frac{\lambda}{4\pi R_{ПР}}\right)^2 - a_{АВТ} + 2K_{УС}$$

$$L_{ПОСТ} = 10\lg\left(\frac{0{,}05}{4\times 3{,}14\times 42{,}5\times 10^3}\right)^2 - 3{,}825 + 86 = -58дБ$$

Для телевидения расчет аналогичный:

$$V_{М-ТВ} = 49 - K_{ТВ} - L_{ПОСТ}$$

$$K_{ТВ} = 158дБ$$

Тогда: $V_{М-ТВ} = 49 - 158 + 58 = -51дБ$

Для дальнейших расчетов берем большее значение $V_{М-ТФ} = -44дБ$

Определение суммарного времени замирания:

$$T_i(V < V_M) = T_0(V < V_M) + \sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M) + T_{ТР}(V < V_M),$$

где T_0 – процент времени, в течении которого множитель ослабления меньше минимального за счет экранирующего действия препятствия, T_n – процент времени, в течении которого множитель ослабления меньше минимального за счет интерференции прямой волны и волны, отраженной от поверхности земли, $T_{тр}$ - процент времени, в течении которого множитель ослабления меньше минимального за счет интерференции прямой волны и волны, отраженной от неоднородностей тропосферы.

Определим $T_0(V < V_M) = f(\psi)$; $\psi = \frac{4}{\sqrt{3}} A[P(g) - P(g_0)]$

Определим вспомогательный параметр А:

$$A = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{\lambda}{R_{ПР}^3 K(-K)}}$$

$$\sigma = 7{,}5\times 10^{-8}\,\frac{1}{м}$$

Получим: $A = \frac{1}{7{,}5\times10^{-8}}\sqrt{\frac{0{,}05}{(2{,}5\times10^{3})^{3}\,0{,}4\,(1-0{,}4)}} = 0{,}69459$

Для нахождения $P(g_0)$ необходимо рассчитать параметр μ:

$$\mu = \mu_0 \times \mu(P(g_0)), \quad \text{где } \mu_0 = 2*\sqrt[3]{\frac{K^2(1-K)^2}{l^2}};$$

$$l = \frac{r_b}{R_{ПР}} = \frac{15{,}3}{42{,}5} = 0{,}36;$$

r_b получаем путем построения прямой, параллельной линии, которая соединяет центры раскрыва приемной и передающей антенн, и отстоящую от вершины препятствия на величину $\Delta y = H_0 = 13{,}038$ м.

Получаем: $\mu_0 = 2*\sqrt[3]{\frac{0{,}4^2(1-0{,}4)^2}{0{,}36^2}} = 1{,}526$

Принимаем $\mu(P(g_0))=1$

$$\mu = \mu_0 \times \mu(P(g_0)) = 1{,}526*1{,}0 = 1{,}023$$

Зная μ = 1,526 и $V_M = -44 дБ$ по рисунку 3.2 определяем $P(g_0)$:

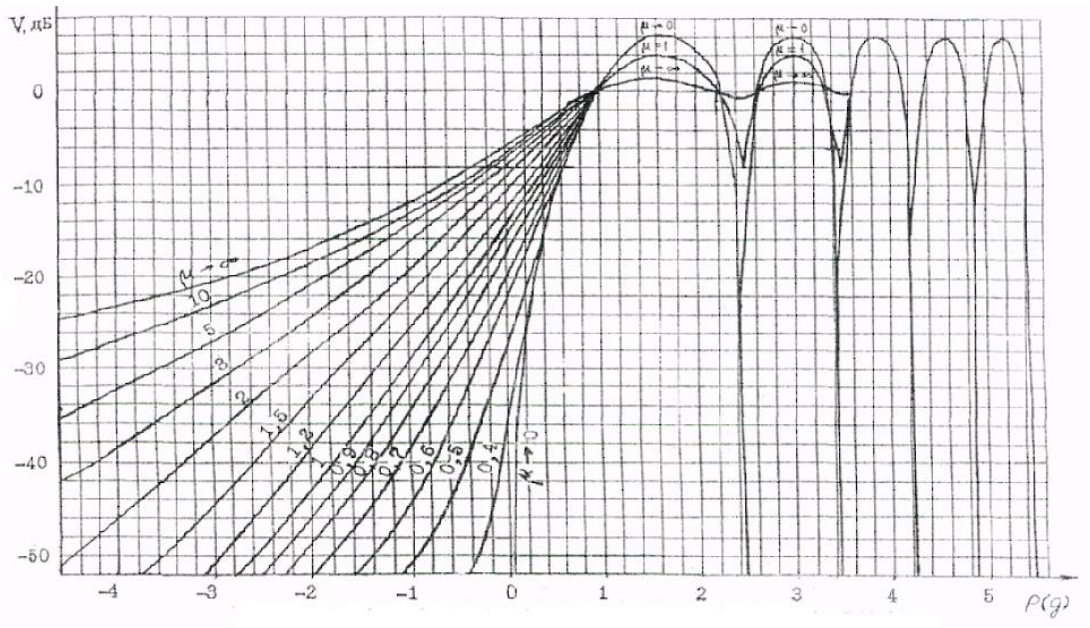


Рисунок 3.2 - Зависимость множителя ослабления от относительного просвета

$$P(g_0) = -3;$$

Находим ψ:

$$\psi = \frac{4}{\sqrt{3}} A \left[P(g) - P(g_0) \right] = 2{,}31 * 0{,}69459 * (1+3) = 6{,}4;$$

$$\mathrm{P(g)} = \frac{H(0) + \Delta H(g)}{H_0} = \frac{9{,}754 + 3{,}284}{13{,}038} = 1;$$

Так как $T_0(V < V_M) = f(\psi)$, то по зависимости, приведенной на рисунке определяем:

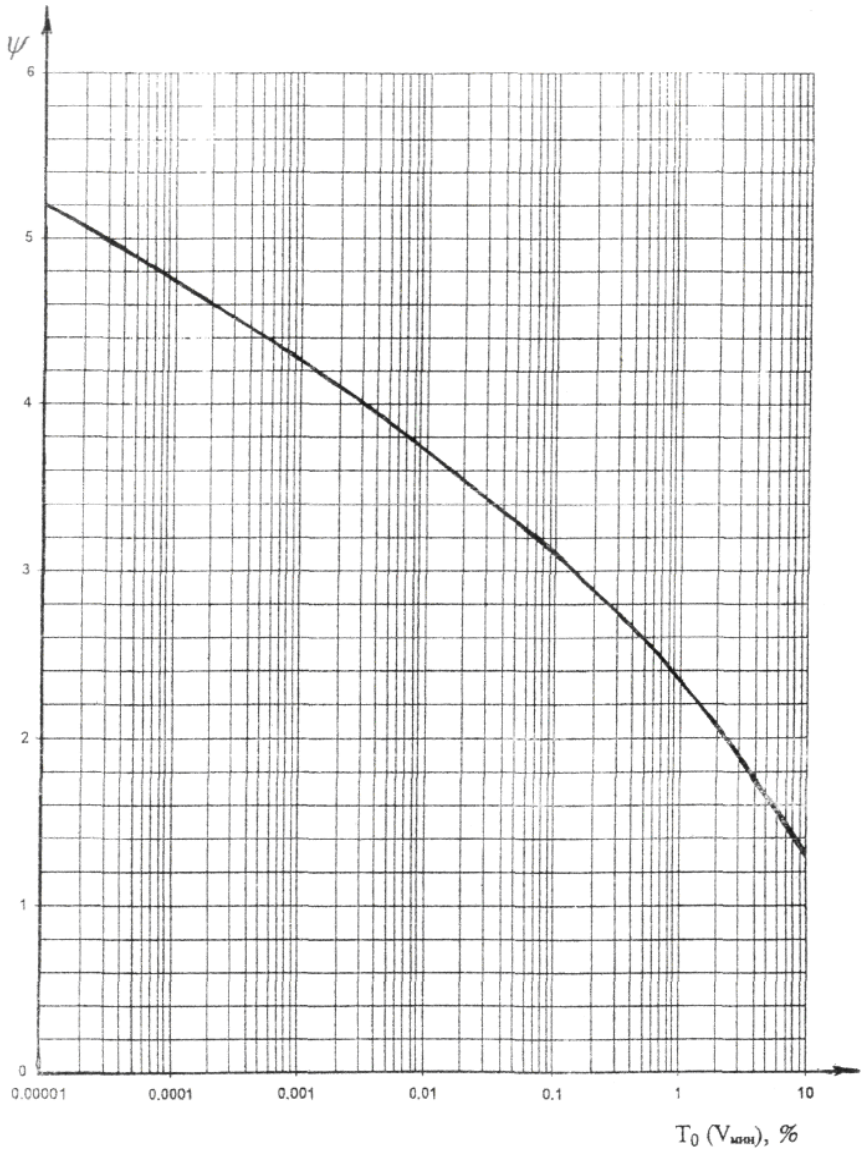


Рисунок 3.3 - График зависимости $T_0(\psi)$

Так как ψ >5, то $T_0(V < V_M) \to 0\%$; принимаем $T_0 = 0\%$

Определим $\sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M)$.

Для определения $\sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M)$ необходимо выяснить есть ли отражение от поверхности земли или нет. Поверхность первого пролёта можно считать сферической, рассчитаем коэффициент расходимости радиоволн.

$$D = \frac{1}{\sqrt{1 + 13.1\frac{\alpha K^2(1-K)^2}{\sqrt{n}\ell^2}\left\{1 + \frac{l^2 P(0)(1-\sqrt{6n})}{4\alpha K(1-K)}\right\}}},$$

где n-номер интерференционного минимума, который равен 1.

$$P(0) = \frac{H(0)}{H_0} = \frac{3{,}284}{13{,}038} \approx 0{,}25;$$

$$D = \frac{1}{\sqrt{1 + 13{,}1\frac{1*0{,}4^2(1-0{,}4)^2}{\sqrt{1*}0{,}36^2}\left\{1 + \frac{0{,}36^2(1{,}25-\sqrt{6*1})}{4*1*0{,}4(1-0{,}4)}\right\}}} = 0{,}44$$

Так как D<0.8, то для первого пролета коэффициент отражения $\Phi = 0$, то есть влияние отражений от поверхности земли не играет существенной роли.

Тогда $\sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M) = 0\%$

Определим $T_{TP}(V < V_M)$ по формуле:

$$T_{TP}(V < V_M) = V_M^2 \cdot 4{,}1 \cdot 10^{-4} \cdot \xi \cdot R^2 \cdot \sqrt{f_0^3},$$

где $\xi = 1$ -для сухопутных районов, $R_{пр}$ – длина пролета в километрах, f_0 – средняя частота аппаратуры «AlcatelLucent» в гигагерцах, V_M – минимальный множитель ослабления для первого пролета в разах.

$$V^2_M = (10^{-0{,}05*44{,}58})^2 = 3{,}48*10^{-5}$$

$$T_{TP}(V < V_M) = 3{,}48*10^{-5} \cdot 4{,}1 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 42{,}5^2 \sqrt{5{,}92^3} \cdot = 0{,}00037\%$$

Теперь определим процент суммарного времени замирания по формуле:

$$T_i(V < V_M) = T_0(V < V_M) + \sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M) + T_{TP}(V < V_M) = 0+0+0{,}00037 = 0{,}00037\%$$

По рекомендациям МККР $T_i(V_M) < T_{max} = 0.1\frac{R_{пр}}{2500} = 0.1\frac{40}{2500} = 0.0017\%$

Из полученных расчетов видно, что требование выполняется.

Рассчитаем устойчивость связи во втором пролете.

$R_{ПР} = 42км$

Рассчитаем нулевой относительный уровень по формуле:

$y_X = \frac{R_X (R_{ПР} - R_X)}{2r_З}$, где $r_З$ = 6370км.

В таблице 3.2 приведен расчет второго профиля.

Таблица 3.2 - Расчет профиля второго пролета

Параметр	Значения										
Ki,км	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Rx,км	0,0	4,2	8,4	12,6	16,8	21	25,2	29,4	33,6	37,8	42
Yx, м	0,0	12,46	22,15	29,08	33,2	34,61	33,2	29,08	22,15	12,46	0,0
Y_2,м	52	63	80	108	95	105	112	94	104	106	111

Профиль пролета представлен ниже (рисунок 3.4).

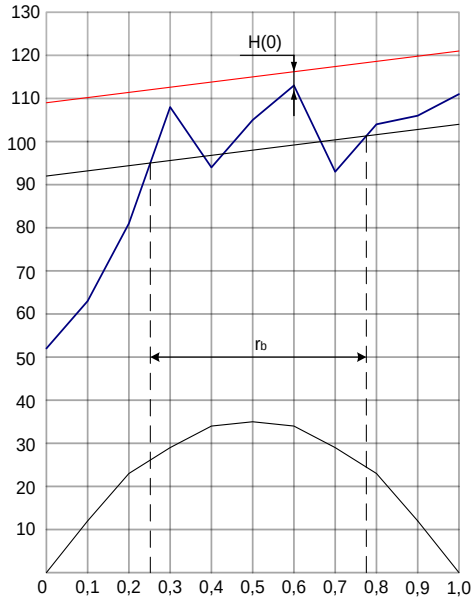


Рисунок 3.4 - Профиль второго пролета

Наивысшей точки первый пролет достигает при R_2= 25,2 км.

Найдем величину просвета:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \times R_{пр} \times \lambda \times K(1-K)}$$

λ - длина волны (0,05м),

K - относительный коэффициент препятствия:

$$K = \frac{R_2}{R_{пр}} = \frac{25,2}{42} = 0,6$$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \times 42 \times 10^3 \times 0,05 \times 0,6(1-0,6)} = 12,9м$$

Рассчитаем приращение за счет рефракции:

$$\Delta H(g) = -0,25 \times R_{ПР}^2 \times g \times K(1-K) \qquad g = -9 \times 10^{-8} \frac{1}{M}$$

$$\Delta H(g) = -0,25 \times (42 \times 10^3)^2 \times (-9 \times 10^{-8}) \times 0,6 \times (1-0,6) = 9,5256м$$

Тогда получим геометрический просвет без учета рефракции H(0):

$$H(0) = H_0 - \Delta H(g) \qquad H(0) = 12,9 - 9,5256 = 3,3744м$$

Теперь можно найти высоты подвеса антенн. От наивысшей точки проема откладываем вверх H(0). Получаем высоты подвеса: h_1 = 55 м, h_2 =10 м.

$$a_{АВТ} = 2 \cdot a_{ПОСТ} + 0,015 l_B + 0,05 l = 2 \cdot 1,1 + 0,015(55+10) + 0,05 \cdot 10 = 3,675дБ$$

Рассчитаем КПД:

$$\eta_{АВТ} = 10^{-0,1 a_{АВТ}}$$

$$\eta_{АВТ} = 10^{-0,1*3,675} = 0,429$$

Рассчитаем минимальный множитель ослабления для телефонии:

$$V_{М-ТФ} = 44 - K_{ТФ} - L_{ПОСТ}$$

$$Ктф = 146Б$$

$$L_{ПОСТ} = 10\lg\left(\frac{\lambda}{4\pi R_{ПР}}\right)^2 - a_{АВТ} + 2K_{УС} \qquad K_{УС} = 43.5дБ$$

$$L_{ПОСТ} = 10\lg\left(\frac{0,05 \times 10^{-2}}{4 \times 3,14 \times 42 \times 10^3}\right)^2 - 3,675 + 2 \times 42 = -58,14дБ$$

Для телевидения расчет аналогичный:

$$V_{M-TB} = 49 - K_{TB} - L_{ПОСТ}$$

$$K_{TB} = 158 дБ$$

Тогда: $V_{M-TB} = 49 - 158 + 58{,}14 = -50{,}86 дБ$

Для дальнейших расчетов берем большее значение: $V_M = -43{,}86 дБ$.

Определение суммарного времени замирания:

$$T_i(V < V_M) = T_0(V < V_M) + \sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M) + T_{TP}(V < V_M),$$

где T_0 – процент времени, в течении которого множитель ослабления меньше минимального за счет экранирующего действия препятствия, T_n – процент времени, в течении которого множитель ослабления меньше минимального за счет интерференции прямой волны и волны, отраженной от поверхности земли, $T_{тр}$ - процент времени, в течении которого множитель ослабления меньше минимального за счет интерференции прямой волны и волны, отраженной от неоднородностей тропосферы.

$$T_0(V < V_M) = f(\psi)\psi = \frac{4}{\sqrt{3}} A[P(g) - P(g_0)]$$

Определим вспомогательный параметр А:

$$A = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{\lambda}{R_{ПР}^3 K(1-K)}}$$

$$\sigma = 7{,}5 \times 10^{-8} \frac{1}{м}$$

Получим: $A = \frac{1}{7{,}5 \times 10^{-8}} \sqrt{\frac{0{,}05}{(42 \times 10^3)^3 0{,}6(1-0{,}6)}} = 0{,}707.$

Для нахождения $P(g_0)$ необходимо рассчитать параметр μ:

$$\mu = \mu_0 \times \mu[P(g)], \quad \text{где } \mu_0 = 2\sqrt[3]{\frac{K^2(1-K)^2}{l^2}};$$

$$l = \frac{r_B}{R_{ПР}} = \frac{21{,}2}{42} = 0{,}53;$$

r_b получаем путем построения прямой, параллельной линии, которая

соединяет центры раскрыва приемной и передающей антенн, и отстоящую от вершины препятствия на величину $\Delta y = H_0 = 16.5$ м.

Получаем: $\mu_0 = 2 * \sqrt[3]{\frac{0,6^2 (-0,6)^2}{0,53^2}} = 1,17$;

принимаем $\mu(g) = 1,0$;

$\mu = \mu_0 \times \mu(g) = 1,17 * 1,0 = 1,17$.

Зная μ = 1,17 и $V_M = -43,86 дБ$ по рисунку 14 определяем $P(g_0)$:

$P(g_0) = -2,2$;

Находим ψ:

$$\psi = \frac{4}{\sqrt{3}} A(g) P(g_0) = 2,31 * 0.707 * (1 + 2,2) = 5,226$$

$$P(g) = \frac{H(0) + \Delta H(g)}{H_0} = \frac{9,5256 + 3,3744}{12,9} = 1$$

Так как ψ >5, то принимаем $T_0(V < V_M) = 0\%$.

Т.к. второй профиль пролета имеет несколько пиков и впадин, то для определения $\sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M)$ воспользуемся критерием пересеченности

Если неравенство $\Delta hi \le h\max \approx (0,5.....1,0) H_0 / \sqrt{n}$ не выполняется, то пролет можно считать пересеченным и принять $\sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M)$=0%

Проверим справедливость этого неравенства

$$\left.\begin{array}{l} \Delta hi \approx 20м \\ \Delta h\max = 1,0 * 12,9 * \sqrt{1} = 12,9м \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta hi > \Delta h\max$$ неравенство не выполняется.

Принимаем $\sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M)$=0%

Определим $T_{TP}(V < V_M)$ по формуле: $T_{TP}(V < V_M) = V_M^2 \cdot 4.1 \cdot 10^{-4} \cdot \xi \cdot R^2 \cdot \sqrt{f_0^3}$, где

$\xi = 1$ -для сухопутных районов, $R_{пр}$ – длина пролета в километрах, f_0 – средняя частота аппаратуры AlcatelLucent в гигагерцах, V_M – минимальный множитель ослабления для первого пролета в разах.

$$V^2_M = -43{,}8 \text{ дБ} = (10^{-0{,}05*43{,}8})^2 = 4{,}17*10^{-5}$$

$$T_{TP}(V < V_M) = 4{,}17*10^{-5} \cdot 4{,}1 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 42^2 \sqrt{5{,}92^3} \cdot = 0.000434\%$$

Теперь определим процент суммарного времени замирания по формуле:

$$T_i(V < V_M) = T_0(V < V_M) + \sum_{N=1}^{N_{MAX}} T_N(V < V_M) + T_{TP}(V < V_M) = 0+0+0{,}000434 = 0{,}000434\%$$

По рекомендациям МККР $T_i(V_M) < T_{max} = 0.1\frac{R_{пр}}{2500} = 0.1\frac{42}{2500} = 0.00168\%$

Из полученных расчетов видно, что требование выполняется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе рассматривается вопрос внедрения ЦРРЛ на базе оборудования AlcatelLucent. Рассчитаны количество пролетов и высота подвеса антенн, и устойчивость связи между пролетами. Также учтено влияние электромагнитных помех.

При внедрении линии на оборудовании фирмы «Alcatel» повышается спрос потребителей на все виды услуг и возможность в дальнейшем расширения данной линии. Что возможно при скорости 155,52 Мб/с, с потоком STM-1, у которой существует возможность увеличения количества потоков до STM-4 и STM-16, а значит и возможность увеличения количества каналов, что является экономически выгодным, т.к. затраты на строительство остаются неизменными, а количество каналов и получаемая прибыль возрастает.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленький В.Г. Расчёт зоны покрытия базовых станций в системах связи с подвижными объектами. Методические указания/ СибГУТИ - Новосибирск, 2003.

2. Военные системы радиорелейной и тропосферной связи/ под ред. А. И. Родимова. - Л.: ВАС, 1984.

3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.: Эко-Трендз, 1997.

4. Мобильная связь. Поколения и стандарты мобильной связи. Поколение 2G. - http: / / my-mc. info/generation s/2g/

5. Мобильная связь. Поколения и стандарты мобильной связи. Поколения связи. - http://my-mc.info/generations/

6. Мобильная связь. Поколения и стандарты мобильной связи. Сотовая связь. - http://my-mc.info/cellular-communication/

7. Мобильная связь. Поколения и стандарты мобильной связи. GSM. - http://my-mc.info/standards/gsm/

8. Носов В.И., Носкова Н.В. Методы частотно-территориального планирования в сетях радиосвязи. Монография/ СибГУТИ - Новосибирск, 2006.

9. Преддипломная практика и дипломное проектирование: Методические указания для студентов специальности 210402.65 «Средства связи с подвижными объектами» /составители: Н.Т. Никифоров, В.С.Спицын. - Челябинск: Изд-во. ЮУрГУ, 2006. - 92 с.

10. Разработка обоснования инвестиций. - http://www.c-srv.ru/?nv=m,20

11. Ратынский М.В. Основы сотовой связи. - М.: Радио и связь, 2000.

12. Садомовский, А. С. Расчет радиорелейных линий (РРЛ) связи: методические указания по курсовому проектированию для студентов специальностей 21030265 и 21020165 / А. С. Садомовский, В. А. Гульшин. - Ульяновск : УлГТУ, 2005.-28 с.

13. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.

14. Сети подвижной связи: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Сети подвижной связи» для студентов специальностей 21040665 «Сети связи и системы коммутации» и 21040465 «Многоканальные телекоммуникационные системы»/ сост. М. Н. Служивый. - Ульяновск: УлГТУ, 2009. - 24 с.

15. Сети сотовой подвижной связи в стандарте GSM. http://www.osp.ru/nets/1996/06/141736/

16. Соты и базовые станции. - http://www.gsmnetwork.ru/2008/09/soty-i-bazovye- stancii/

17. Стандарты сотовой связи в России. http://www.legal-mobile.ru/2008/01/06/post-93/

18. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. - 56 с.

19. Теория электрической связи/ под ред. Д. Д. Кловского. - М.: Радио и связь, 1999.

20. Технико-экономические обоснования строительства (реконструкции) предприятий, зданий и сооружений. - http://homart.ru/texniko-ekonomicheskie-obosnovaniya-stroitelstva-rekonstrukcii-predpriyatij-zdanij-i-sooruzhenij/

21. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / под. ред. д.т.н., проф. М.А. Быховекого. - М.: Эко-Трендз, 2006. - 376 с.

22. Финк, Л. М. Теория передачи дискретных сообщений./Л. М. Финк. - М.: Советское радио, 1963.