Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение Образования

Белорусский Государственный Университет

Информатики и Радиоэлектроники

Кафедра систем телекоммуникаций

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине: ”Проектирование СРРТ ”

на тему

“Индивидуальный прием программ спутникового вещания ”.

Выполнил:

студент гр. 462901

А.А. Сивец

Руководитель:

Э.Б. Липкович

Минск 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1 принципы организации цифрового спутникового мультимедийного вещания

2 Технические характеристики сутниковой системы

3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПРИЕМНОЙ СИСТЕМЫ

4 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕСТРОЙКИ И НАВЕДЕНИЯ АНТЕННЫ НА ЗАДАННЫЙ ИССКУСТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

5 РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОЛИНИИ

6 РАСЧЕТ МЕСТА УСТАНОВКИ ПРИЁМНОЙ АНТЕННЫ

7 РАСЧЕТ СИСТЕМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЁМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

8 РАСЧЁТ ПОМЕХОЗАЩИЩЁННОСТИ СИСТЕМЫ ОТ МЕШАЮЩИХ ИСЗ

Заключение

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Спутниковое вещание является одним из коммерчески наиболее значимых направлений в области спутниковых технологий. Исторически оно рассматривается как самостоятельная служба (вещательная спутниковая служба), которой выделены свои частотные полосы и правила их использования. Сегодня спутниковое вещание уже не замкнуто в пределах своих нормативных границ. Этому способствовали, с одной стороны, повышение энергетических показателей спутников, работающих в полосах частот фиксированной спутниковой связи, с другой – процесс интеграции технологий передачи, приема и обработки цифровой информации в области связи и вещания.

Как показывает мировой опыт, спутниковое телевизионное вещание, служащее для доставки программ телевидения индивидуальным и коллективным абонентам (стационарным и подвижным), эффективно для создания региональных систем распределительного телевидения и вполне способно конкурировать с современными кабельными и эфирными средствами. Широкое внедрение цифровых технологий, с которыми связана «вторая молодость» спутникового телевидения, продолжает оставаться главным фактором, определяющим дальнейшие пути его развития. Одно из последних достижений в области телевидения – телевидение высокой четкости перешло в стадию практической реализации благодаря достижениям в области компрессии информации. В результате спутниковые системы вещания смогли обеспечить необходимую пропускную способность каналов для передачи программ в формате HDTV с приемлемыми качеством и стоимостью.

В данном курсовом проекте рассматривается приемная система цифрового спутникового вещания с позиционируемой антенной. Т.е. пользователь приобретает приемную спутниковую систему, устанавливает на стене здания антенну и по собственному желанию сможет настраиваться на любой доступный в данном районе спутник.

1 ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО СПУТНИКОВОГО

МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ

Спутниковое вещание представляет собой однонаправленную передачу телевизионных и звуковых программ, а также мультимедийных приложений, включая данные Интернет, от передающих земных станций (ЗС) к приёмному оборудованию через бортовые ретрансляторы спутника. В отличие от наземного вещания с помощью спутника могут покрываться значительные территории Земли с неограниченным числом приемных станций, расположенных как на суше, так и на море. Передача мультимедийных данных (каталоги, видеоматериалы, программные продукты, титры, финансовые и спортивные новости и др.) строится на использовании открытого стандарта MPEG-2/DVB-S. Доставка информационных данных по спутниковым каналам осуществляется как группам пользователей в форме потокового вещания (режим Multicast), так и одиночным пользователям в форме адресной доставки цифровых пакетов фиксированного объёма в определённое время (режим Unicast).

Земные станции спутниковых систем вещания обычно вынесены за пределы городов и связаны с центрами формирования ТВ-программ и мультимедийной информации волоконно-оптическими, коаксиальными или радиорелейными линиями связи. Структурная схема системы спутникового вещания приведена на рисунке 1.1. Число передающих ЗС в комплексе подачи программ на спутник может быть различным и определяться числом стран, участвующих в вещании через конкретный искусственный спутник Земли (ИСЗ). В целях контроля за качеством передач на каждой ЗС осуществляется прием сигналов, транслируемых через спутник. Для наполнения цифровых пакетов информацией, передаваемой на несущих f1…fn, на ЗС дополнительно осуществляется прием данных Интернет, программ с других ИСЗ, а также формирование собственных программ на телерадиостудии.

Рисунок 1.1 – Структурная схема системы спутникового вещания

Приём сигналов вещания с ИСЗ осуществляется на профессиональное оборудование телецентров (ТЦ), головные станции (ГС), приёмные установки (ПУ) индивидуального и коллективного пользования. Сигналы с профессиональных станций поступают к потребителям через местный телецентр, а с головных станций – по эфирным (MMDS, MVDS и др.) или кабельным распределительным сетям (КРС). При индивидуальном приёме осуществляется непосредственный приём сигналов с ИСЗ на недорогие ПУ с антеннами относительно малого диаметра (0,6…1,2 м). Антенны приемных систем (ПС) либо фиксируются в направлении на заданный спутник либо имеют возможность перестройки на другие ИСЗ посредством применения опорно-поворотного устройства (ОПУ).

Спутниковое вещание в основном строится на использовании геостационарных ИСЗ, орбита которых является круговой и расположена в плоскости экватора Земли с удалением от её центра на расстояние

 , км, (1.1)

где – r0 радиус орбиты; M – масса Земли, равная 5,976 ·1034 кг; G – постоянная гравитации, равная 6,67·10-11 Н·м2/кг2; T – период обращения спутника вокруг Земли, равный 23 ч 56 мин 04 с (86164 с).

Выражение (1.1) получено из условия того, что на ГО сила гравитации FG, притягивающая спутник к поверхности Земли, и центробежная сила FЦ, действующая на спутник, уравновешены, т.е. FG= FЦ.

Высота орбиты относительно поверхности Земли составляет 35786 км.

При строгом подходе к форме и положению ГО в пространстве следует учитывать асимметричность гравитационного поля Земли, силу давления солнечного света на ИСЗ и гравитационное влияние Луны и Солнца. Однако эти факторы, приводящие к небольшой эллиптичности орбиты и наклону её плоскости относительно экваториальной, в рамках рассматриваемых вопросов не являются существенными и могут не приниматься во внимание.

Уникальность орбиты заключается в том, что спутник, находясь на ней, движется по инерции со скоростью равной 3,064 км/c, не требуя расхода топлива. Спутник, перемещаясь с запада на восток, для наземного наблюдателя кажется неподвижным, поскольку угловые скорости спутника и Земли совпадают. Эти обстоятельства позволяют обеспечить круглосуточное вещание на неперестраиваемые приёмные антенны при стабильном уровне сигналов на их выходе. С помощью трех равноудаленных спутников на ГО можно охватить вещанием до 95 % поверхности Земли (за исключением районов выше 81,30 северной и южной широт).

Вследствие уникальности этой орбиты её отдельные участки уже перенасыщены вещательными ИСЗ. Их общее число в настоящее время превышает 250. Для увеличения числа ИСЗ на ГО и объёма вещания в требуемую зону некоторые операторы располагают на одной позиции несколько спутников. Так, на позиции 13о в.д. располагается пять ИСЗ серии «HotBird», а на позиции 19,2о в.д. − семь ИСЗ серии «Astra». Для организации независимого приёма с требуемых ИСЗ используют частотное, поляризационное и пространственное разделение сигналов. Чтобы предотвратить возможность столкновений спутников и обеспечить постоянство их положения на ГО, задействованы специальные системы контроля и управления орбитальными группировками. Требуемое положение спутников поддерживается с помощью корректирующих двигателей, включаемых по командам с наземных комплексов управления. Точность удержания ИСЗ на заданной позиции обычно не хуже ±0,1º (соответствует отклонению ИСЗ на ГО до 70 км). Современные вещательные и многофункциональные спутники используют многоствольный принцип построения и содержат достаточно большое число (10…60) независимых приёмопередающих трактов (радиостволов), выполняющих функции ретрансляции сигналов. Например, на российском спутнике Экспресс-АМ-22 (80º в.д.), располагается 29 радиостволов для работы в трех диапазонах частот.

Вся совокупность ретрансляторов и антенн, расположенных на платформе спутника, образует модуль полезной нагрузки. Кроме этого модуля на платформе ИСЗ располагаются системы энергоснабжения, ориентации антенн на требуемые зоны вещания, наведения солнечных батарей в направлении на Солнце, устройства пространственной стабилизации и коррекции положения спутника на орбите. Для контроля за функционированием устройств и систем спутника и управления их работой используется подсистема телесигнализации и телеуправления.

Ретрансляция сигналов может быть прямой (прозрачной) или с обработкой и пакетированием информации на борту. Используемая на новых спутниках Eutelsat серии «HotBird» технология Sky Plex позволяет объединить в общий цифровой пакет отдельные сигналы, поступающие с различных ЗС стран Европы. В состав цифрового пакета одного радиоствола входят 6…12 ТВ-программ и столько или более радиопрограмм. Ширина полосы радиоствола вещательных спутников обычно составляет 27, 33, 36, 42, 72 МГц.

Прием и передача ретранслируемых сигналов осуществляется в разных диапазонах частот. Обычно значения частот для направления ЗС – ИСЗ выше значений частот ИСЗ – ЗС. Выходная мощность радиоствола в зависимости от назначения и диапазона частот находится в пределах 50…200 Вт.

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) бортового ретранслятора составляет

 , дБВт, (1.3)

где РПД – мощность передатчика радиоствола, Вт; gПД – усиление передающей антенны, дБ; аФ.ПД – потери в фидере передающего тракта, дБ.

Основной объем спутниковых трансляций в направлении ЗС (линия вниз) осуществляется в диапазонах частот 3,4…4,2 и 4,5…4,8 ГГц (С-диапазон) и 10,7…12,75 ГГц (Ku-диапазон). Указанные полосы частот С-диапазона и полосы 10,7…11,7, 12,5…12,75 Ku-диапазона выделены Регламентом радиосвязи МСЭ для фиксированной спутниковой службы (ФСС). В рамках этой службы организуются международные, региональные и национальные сети связи и вещания. По этим сетям передаются различные виды информации, включая широкополосное вещание и высокоскоростные потоки данных Интернет. Максимальная мощность передатчиков бортовых ретрансляторов этой службы обычно не превышает 100 Вт, что связано с обеспечением норм на допустимую плотность потока мощности (ППМ) у поверхности Земли, создаваемую спутником. Допустимые значения ППМ определены Регламентом радиосвязи, при которых обеспечивается совместная работа спутниковых и наземных средств радиосвязи и вещания. Обязательным решением при обеспечении электромагнитной совместимости радиосредств в цифровых системах является скремблирование (перемешивание) данных.

Величина плотности потока мощности, создаваемая спутниковым ретранслятором в зоне приема на площади 1 м2, рассчитывается по формуле:

, дБВт/м2, (1.4)

где r – наклонная дальность между ИСЗ и точкой приема, м; адоп – дополнительные потери на спутниковой радиолинии из-за ослабления сигнала в атмосфере, дождях, неточного наведения антенны на ИСЗ и др., дБ.

Полоса частот 11,7…12,5 ГГц Ku-диапазона выделена Регламентом радиосвязи МСЭ для радиовещательной спутниковой службы (РСС). В рамках этой службы осуществляется прямое спутниковое вещание на приемные установки индивидуального и коллективного пользования. По сравнению с ФСС в этой службе допустимая ППМ у поверхности Земли выше и, как следствие, возможно снижение размеров приемных антенн. В полосе 11,7…12,5 ГГц размещается 40 каналов с шириной полосы 27 (33) МГц. Частотный разнос между соседними каналами с разной поляризацией установлен = 19,18 МГц.

Поляризация сигналов принята круговой. Подача сигналов на ИСЗ (линия «вверх») осуществляется только в полосах ФСС. Планы распределения частотных радиоканалов в различных спутниковых системах отличаются друг от друга.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Владельцем спутников Hotbird 6/7A/8 является французская компания "Alcatel". В зоне покрытия - Европа, Америка, Ближний Восток, Центральная Азия, Индия, Северная Африка. Спутник Hotbird 6/7A/8 находится в орбитальной позиции 13 ° восточной долготы. С Hotbird транслируются каналы на различных языках мира: французский, немецкий, польский, китайский, корейский, хинди, сербский и многие другие. Технические характеристики спутника HotBird 6 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики спутника HotBird 6

|  |  |
| --- | --- |
| Владелец | Alcatel Space |
| Платформа | Spacebus 3000B3 |
| Орбитальная позиция | 13° в.д. |
| Дата запуска | начало августа 2002 г. |
| Полезная нагрузка | Ku-диапазон — 28 транспондеров |
| Ka-диапазон — 4 транспондера |
| Мощность транспондеров | Ku-диапазон — 115 Вт, 130 Вт |
| Ka-диапазон — 115 Вт |
| Ширина полосыпропускания транспондеров | 36 МГц |
| ЭИИМ | Ku-диапазон — 52 дБВт |
| Ka-диапазон — 54 дБВт |
| Срок службы | 12,25 лет |

Зона покрытия данного спутника приведена на рисунке 2.1

Рисунок 2.1 – Зона покрытия спутника HotBird 6

Таблица 2.2 - Таблица частот

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Канал** | **Частота, GHz** | **Поляр.** | **Видео** | **Кодирование** | **Скорость потока****(SR)** | **FEC** |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Cyfra+ | 10.719 | V | MPEG-2 | Mdg | 27500 | 3/4 |
| British Telecom | 10.723 | H | MPEG-2 |  | 29900 | 3/4 |
| N | 10.723 | H | MPEG-4 | Cnx | 29900 | 3/4 |
| TPS | 10.758 | V | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| AFN | 10.775 | H | MPEG-2 | PwV | 28000 | 3/4 |
| TPS | 10.796 | V | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Duna TV | 10.813 | H | PAL |  |  |  |
| ® | 10.813 | H | AUDIO |  |  |  |
| Autonomia TV | 10.83 | H | MPEG-2 |  | 3333 | 3/4 |
| TPS | 10.834 | V | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| T-Systems | 10.853 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| TPS | 10.873 | V | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Cyfra+ | 10.892 | H | MPEG-2 | Mdg | 27500 | 3/4 |
| TPS | 10.911 | V | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Nova | 10.93 | H | MPEG-2 | Ird | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 10.949 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| RR Satellite Communications | 10.971 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| RAI | 10.992 | V | MPEG-2 | Mdg | 27500 | 2/3 |
| RR Satellite Communications | 11.013 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 11.034 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| T-Systems | 11.054 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 5/6 |
| Viacom | 11.075 | V | MPEG-2 | Crw | 27500 | 3/4 |
| MTV HD | 11.075 | V | MPEG-4 | Crw | 27500 | 3/4 |
| AFN | 11.096 | H | MPEG-2 | PwV | 28000 | 3/4 |
| GlobeCast | 11.117 | V | MPEG-2 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| British Telecom | 11.137 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Cyfrowy Polsat | 11.158 | V | MPEG-2 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| Telespazio | 11.179 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Network Teleport Italia | 11.2 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 5/6 |
| Telespazio | 11.179 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Network Teleport Italia | 11.2 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 5/6 |
| Sky Italia | 11.219 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Eutelsat | 11.24 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| N | 11.258 | H | MPEG-4 | Cnx | 27500 | 2/3 |
| N | 11.258 | H | MPEG-4 | Cnx | 27500 | 2/3 |
| Cyfra+ | 11.278 | V | MPEG-4 | Mdg | 27500 | 2/3 |
| Telespazio | 11.296 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| TV 5 Monde Europe | 11.32 | V | PAL |  |  |  |
| Mediaset | 11.334 | H | MPEG-2 | Mdg | 27500 | 1/2 |
| Sky Italia | 11.355 | V | MPEG-4 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Sky Italia | 11.355 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Telespazio | 11.296 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| TV 5 Monde Europe | 11.32 | V | PAL |  |  |  |
| Mediaset | 11.334 | H | MPEG-2 | Mdg | 27500 | 1/2 |
| Sky Italia | 11.355 | V | MPEG-4 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Sky Focus |  |  |  |  |  |  |
| Sky Italia | 11.355 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Sky Italia | 11.355 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Rete 4 | 11.373 | H | MPEG-2 | Mdg | 19636 | 2/3 |
| Grupa ITI | 11.393 | V | MPEG-2 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| Telecom Srbija | 11.411 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 5/6 |
| Mediaset | 11.432 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 1/2 |
| N | 11.449 | H | MPEG-4 | Cnx | 27500 | 2/3 |
| N | 11.449 | H | MPEG-4 | Cnx | 27500 | 2/3 |
| SatLink | 11.47 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 5/6 |
| Cyfra+ | 11.488 | H | MPEG-2 | Mdg | 27500 | 3/4 |
| TVN | 11.506 | V | PAL |  |  |  |
| TVN | 11.523 | V | MPEG-4 | Cnx | 5000 | 7/8 |
| SRG SSR | 11.526 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| M-Three satcom | 11.541 | V | MPEG-2 |  | 22000 | 5/6 |
| TBN Europe | 11.566 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 11.585 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| T-Systems | 11.604 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 5/6 |
| GlobeCast | 11.623 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Bloomberg TV | 11.642 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| TPS | 11.662 | V | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| AB Sat | 11.681 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| British Telecom | 11.727 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Discovery Channel | 11.727 | V | MPEG-4 | Cnx | 27500 | 3/4 |
| SamaCom | 11.747 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| RAI | 11.766 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 2/3 |
| TSA | 11.785 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| RAI | 11.804 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 2/3 |
| Nova | 11.823 | H | MPEG-2 | Ird | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.843 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.862 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.881 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.9 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Mediaset | 11.919 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 2/3 |
| Nova | 11.938 | H | MPEG-2 | Ird | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.958 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.977 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 11.996 | V | MPEG-4 | Vdg | 27500 | 2/3 |
| Arabesque | 12.015 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.034 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.054 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.073 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| TSA | 12.092 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Telespazio | 12.111 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Magyar 2 | 12.13 | H | MPEG-4 |  | 27500 | 3/4 |
| Magyar 2 | 12.13 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Antenna Hungaria | 12.149 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Nova | 12.169 | H | MPEG-2 | Ird | 27500 | 3/4 |
| Cyfrowy Polsat | 12.188 | V | MPEG-2 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| RR Satellite Communications | 12.207 | H | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| VOA | 12.226 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 12.245 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Cyfrowy Polsat | 12.265 | H | MPEG-2 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| Cyfrowy Polsat | 12.265 | H | MPEG-4 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| Cyfrowy Polsat | 12.284 | H | MPEG-2 | Nagr | 27500 | 3/4 |
| Slovenian package | 12.303 | V | MPEG-2 |  | 27500 | 3/4 |
| Eutelsat | 12.322 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.341 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 12.36 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 12.38 | V | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| HD Suisse | 12.399 | H | MPEG-4 | Via | 27500 | 3/4 |
| SRG SSR | 12.399 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.418 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| IRIB | 12.437 | H | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.466 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Belgacom | 12.476 | H | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| OiV | 12.52 | V | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| Eutelsat Skyplex | 12.539 | H | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| Eutelsat Skyplex | 12.558 | V | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 12.577 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| GlobeCast | 12.597 | V | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.616 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.635 | V | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |
| Arabsat Package | 12.654 | H | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| SNRT | 12.673 | V | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| AB Sat | 12.692 | H | MPEG-2 | Via | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.713 | V | MPEG-2 |   | 27500 | 3/4 |
| Sky Italia | 12.731 | H | MPEG-2 | Vdg | 27500 | 3/4 |

3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПРИЕМНОЙ СИСТЕМЫ

Индивидуальные приемные установки (ПУ) можно разделить на две группы: с перестраиваемой (позиционируемой) и фиксированной антеннами. ПУ первой группы более универсальны, так как позволяют дистанционно изменять координаты наведения антенны на требуемые ИСЗ, находящиеся в секторе видимой части дуги ГО.

Стандартная по составу индивидуальная ПУ с позиционируемой антенной (рисунок 3.1) включает в себя: антенну с опорно-поворотным устройством (ОПУ); корректор поляризации (КП); полнодиапазонный конвертор; соединительный кабель (СК); цифровой приёмник спутникового вещания (ЦПСВ); телевизор, позиционер и электропривод (актуатор).

Рисунок 3.1 – Индивидуальная ПУ с позиционируемой антенной

При приеме мультимедийной информации, рассылаемой пользователям через ИСЗ, в состав ПУ добавляется DVB-PCI-карта, устанавливаемая в персональный компьютер (ПК) и программное обеспечение (ПО).

В данном курсовом проекте мы рассмотрим лишь принцип работы типовой ПУ с позиционируемой антенной, предназначенной для приема сигналов с линейной поляризацией в диапазоне частот 10,7…12,75 ГГц.

Транслируемые с ИСЗ сигналы принимаются направленной антенной, проходят через корректор поляризации на конвертор и далее по соединительному кабелю (СК) поступают на тюнер. Облучатель антенны, выполненный на базе круглого волновода, расположен в фокусе антенны и жестко соединен с КП и конвертором.

В качестве корректора поляризации обычно применяют магнитный поляризатор на эффекте Фарадея. Основой КП является отрезок круглого волновода, в центре которого расположен ферритовый стержень, а на внешней части волновода находится катушка для создания магнитного поля. Изменяя величину тока в катушке, можно регулировать уровень магнитного поля и намагничиваемость феррита. В результате взаимодействия электромагнитного поля (ЭМП) сигнала с ферритом изменяется направление векторов ЭМП. Причем их угол поворота зависит от величины тока и параметров стержня, а направление поворота – от полярности напряжения. Необходимость в подстройке плоскости поляризации возникает при перенацеливании антенн на разные спутники и при наличии эффектов деполяризации сигналов на радиолинии. В результате подстройки компенсируются потери энергии из-за расхождения плоскостей поляризации антенн ИСЗ и ПУ.

Суммарная мощность сигналов на входе КП составляет

, Вт, (3.1)

где – суммарная ППМ, создаваемая ретрансляторами ИСЗ в точке приема, Вт/м; SЭФ – эффективная площадь раскрыва приемной антенны, м2.

В полнодиапазонном конверторе, предназначенном для работы в полосе 10,7…12,75 ГГц, осуществляется выбор сигналов с требуемой поляризацией, их усиление, разделение на две полосы частот и преобразование в диапазон первой ПЧ 0,95…2,15 ГГц. Вследствие разделения сигналов по поляризации и полосам частот на выходе конвертора присутствует примерно четвертая часть сигналов от принятых антенной. Эти сигналы по соединительному кабелю поступают на вход приемника. В нем по команде с пульта дистанционного управления (ПДУ) осуществляется настройка на частоту требуемого канала, преобразование выделенного сигнала на вторую ПЧ, демодуляция, канальное декодирование с прямым исправлением ошибок, демультиплексирование и преобразование цифровых видео- и аудиоданных в аналоговый стандарт PAL/SECAM. Благодаря частотной избирательности ЦПСВ действующая мощность сигнала на входе демодулятора определяется только ППМ конкретного ствола, а не суммарной ППМ. Поэтому при выполнении расчетов принимается во внимание мощность соответствующего канала, на частоту которого настроен приемник.

В выходном блоке ЦПСВ − радиомодуляторе из видео и аудиосигналов формируется радиосигнал, который используется для его подачи в одном из каналов ТВ-диапазона на антенный вход телевизора. Для исключения просмотра коммерческих программ все модели тюнеров оснащены блоком условного доступа в одной из принятых кодировок. Доступ к закрытым программам возможен только после установки абонентской карты в слот ЦПСВ.

Настройка антенны на требуемый ИСЗ осуществляется по команде с ПДУ на позиционер. Последний подает напряжение питания (36 или 24 В) на электропривод ОПУ антенны для реализации её перемещения. Современные позиционеры позволяют программировать 50 и более позиций ИСЗ на ГО. Микропроцессор позиционера выполняет сравнение текущих значений счетчика угла поворота антенны с содержащимися в памяти данными положения спутника. При совпадении сравниваемых значений электродвигатель останавливается. Для ограничения пределов углового перемещения антенны в позиционере предусматривается возможность задания крайних значений углов ее поворота.

Основной задачей конвертора является приём слабых сигналов в установленных для спутникового вещания диапазонах частот, а также усиление и преобразование этих сигналов в полосу первой ПЧ 0,95…2,15 ГГц. Большинство серийно выпускаемых конверторов для индивидуального приёма сигналов в диапазоне частот 10,7…12,75 ГГц являются полнодиапазонными и универсальными, допускающими равную возможность приёма программ аналогового и цифрового вещания. Все они содержат встроенный поляризационный селектор для разделения сигналов с ортогональной линейной поляризацией. Современные модели конверторов имеют весьма низкий коэффициент шума (0,5…0,8 дБ), высокое усиление (50…60 дБ), приемлемые значения абсолютной нестабильности частоты (0,5…0,7 МГц) и уровня подавления фазовых шумов гетеродина (минус 55дБ при отстройке на 1кГц, минус 75 дБ при отстройке на 10 кГц, минус 95дБ при отстройке на 100 кГц).

Низкий коэффициент шума nШК в современных конверторах достигнут за счет применения в первых его каскадах малошумящих GaAs-транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT-транзисторов). Адаптация конверторов к цифровому формату вещания реализована за счет улучшения линейности их АЧХ и ФЧХ, снижения уровня фазовых шумов и обеспечения должного согласования с кабелем (КСВн ≤ 2). Минимизация уровня фазовых шумов в конверторе продиктована опасностью роста ошибок на выходе ЦПСВ из-за добавления в конвертируемый сигнал с QPSK модуляцией дополнительного фазового сдвига. Оценка уровней фазовых шумов обычно производится относительно уровня несущей гетеродина при заданной величине отстройки по частоте от номинального значения несущей.

Для радикального снижения уровня фазовых шумов гетеродина и повышения стабильности частоты некоторые модели конверторов оснащаются системой ФАПЧ. Такие модели используются при приёме узкополосных сигналов, например, сигналов радиовещания.

В состав типовой структурной схемы полнодиапазонного конвертора входят (рисунок 3.2): поляризационный селектор (ПС) с двумя ортогонально расположенными в круглом волноводе электрическими зондами, малошумящие усилители (МШУ), полосовой фильтр (ПФ), смеситель (См), два гетеродина (Г1 и Г2), усилитель промежуточной частоты (УПЧ), преобразователь напряжений (ПН) и два управляемых электронных ключа (ЭК1) и (ЭК2).

Выбор сигналов с требуемой поляризацией осуществляется подачей с ЦПСВ (по соединительному кабелю) управляющего напряжения 13 или 17 В на ЭК1, который подключает напряжение питания на МШУ1 или МШУ2 от ПН. При наличии на ЭК1 напряжения 13 В работает МШУ1 и усиливает наведенные на электрический зонд сигналы с вертикальной поляризацией. При подаче 17 В работает МШУ2 и усиливает сигналы с горизонтальной поляризацией.

Рисунок 3.2 – Структурная схема полнодиапазонного конвертора

МШУ1 и МШУ2 обеспечивают усиление 13...15 дБ и низкий коэффициент шума. Усилитель МШУ3 выполняется на биполярных транзисторах по схеме максимального усиления. Полосовой фильтр ослабляет сигналы вне полосы пропускания 10,7..12,75 ГГц, в том числе сигналы на зеркальных частотах 7,6…9,65 ГГц. ПФ выполняется многозвенным на отрезках микрополосковых линий. Смеситель СМ строится на СВЧ-диодах или транзисторах по балансной или двойной балансной схеме. Коэффициент передачи смесителя в конверторе не является определяющим показателем, важнее надежность и простота реализации этого устройства.

Гетеродины имеют внешнюю стабилизацию частоты диэлектрическими резонаторами, которые выполнены на основе титаната кальция и алюмината лантана. Эти материалы имеют высокую диэлектрическую проницаемость (εД≈35…40), низкий температурный уход частоты и обеспечивают добротность резонансных элементов около 1…3 тыс. ед. Гетеродин Г1 настроен на частоту 9,75 ГГц, гетеродин Г2 – на частоту 10,6 ГГц. Напряжение питания на требуемый гетеродин поступает с ПН через ЭК2 под действием управляющего сигнала (в виде меандра) с частотой 22 кГц. При нулевой амплитуде этого сигнала включается Г1 и осуществляется преобразование входных сигналов нижнего поддиапазона 10,7...11,9 ГГц в полосу 0,95...2,15 ГГц. При подаче управляющего сигнала 22 кГц с амплитудой 0,7 В включается Г2 и осуществляется преобразование сигналов верхнего поддиапазона частот 11,5...12,75 ГГц в ту же полосу первой ПЧ (рисунок 3.3). Преобразованные на ПЧ сигналы усиливаются на 30…35 дБ в многокаскадном УПЧ на микросхеме и поступают через разделительный конденсатор С1 на выход конвертора. Питание на УПЧ подается от ПН, в котором требуемое напряжение (5 В) получается из напряжений 13 или 17 В.

Рисунок 3.3 – Схема преобразования частот в область спутниковой ПЧ

Таким образом, в полнодиапазонном конверторе входные сигналы спутниковых каналов в полосе частот ΔfВХ = 12,75–10,7=2,05 ГГц селектируются по поляризации и поддиапазонам частот и переносятся в полосу первой ПЧ ΔfВЫХ = 2,15–0,95 = 1,2 ГГц. При частотном разносе между несущими спутниковых каналов 40 МГц в пределах полосы ΔfВЫХ = 1,2 ГГц можно разместить 30 несущих и передать в цифровом формате 180…270 ТВ-программ (6−9 программ на несущей канала).

Общее усиление полнодиапазонного универсального конвертора КРК обычно превышает 50дБ и выбирается разработчиками с учетом потерь в соединительном кабеле при условии обеспечения требуемого уровня сигнала на входе ЦПСВ. Возможная величина потерь в кабеле определяется не только усилением конвертора, но и его шумовыми характеристиками и следующими за ним устройствами (см. рисунок 3.1). Наличие этих устройств приводит к изменению значения ЭШТ конвертора

, К (3.2)

на величину

, К (3.3)

где nШ.К. – коэффициент шума тюнера, дБ.

Если ограничить относительное увеличение ЭШТ на входе конвертора значением , то из (3.2) и (3.3) несложно для известных КР.К., nШТ и nШК определить допустимое затухание в кабеле и его длину:

, дБ (3.4)

, м, (3.5)

где αКАБ – погонное затухание в кабеле (дБ/м) на верхней частоте передаваемых сигналов (fВ = 2,15 ГГц). Величину μ можно принять 0,03…0,07, что соответствует увеличению ЭШТ конвертора на 3…7 % из-за влияния на ТК следующих за ним устройств.

При использовании устройств с типовыми параметрами (nШК = 0,8 дБ, КР.К. = 50 дБ, nШТ = 10 дБ, μ = 0,05, αКАБ = 0,3 дБ/м), согласно (3.4) и (3.5), допустимые потери в кабеле составляют 20 дБ, а его длина − 66 м. Если требуется кабель большей длины, то необходимо выбрать конвертор с большим усилением или установить дополнительный усилитель. Увеличение усиления конвертора на 10 дБ (относительно КРК = 50 дБ) позволяет увеличить длину кабеля на 33 м (при αКАБ = 0,3 дБ/м).

Конструктивно полнодиапазонный конвертор выполнен по гибридно-интегральной технологии СВЧ. Он представляет собой малогабаритный герметичный и устойчивый к температурным изменениям блок с фланцевым или рупорным облучателем для работы с прямофокусными или офсетными антеннами соответственно.

Всё многообразие моделей цифровых приёмников спутникового вещания можно разделить на устройства профессионального и бытового назначения. Профессиональные приёмники характеризуются высокими качественными показателями, многофункциональностью, значительным числом входных и выходных интерфейсов, наличием встроенных устройств контроля параметров, возможностью дистанционного управления его параметрами и др. Многие из них используют модульный принцип построения и поддерживают несколько уровней и профилей стандарта MPEG-2. Профессиональные ЦПСВ используются на головных станциях кабельного и микроволнового вещания (системы MMDS, LMDS, MVDS), в студийных комплексах подготовки программ, на земных станциях ЦСВ для контроля за передаваемой информацией, в репортажных комплексах сбора новостей и др. Для снижения затрат на приёмное оборудование разработаны и широко используются многоканальные (6−8 - канальные) приёмники.

Цифровые приёмники бытового назначения применяются для индивидуального и коллективного приёма ТВ-программ и располагают ограниченными функциональными возможностями. Они выпускаются в виде абонентских приставок (Set Top Boxes), модульных блоков к головным станциям или компьютерных карт DVB-PCI. Некоторые модели, обладая всеми признаками бытового приёмника, имеют дополнительные опции, например, встроенный модем по стандарту V22bis, многосистемный блок условного доступа и др. Цифровой приёмник в виде карты DVB-PCI устанавливается в системный блок ПК и соединён по кабелю с конвертором и антенной. Карта оснащена слотом для абонентской декодирующей карточки. Технические характеристики DVB-PCI-карты практически совпадают с характеристиками абонентских приставок. Получили применение карты типа Vision Plus VP-1030A rev.4.0 и типа Skystar 2 rev.2.6B.

Основываясь на единых требованиях к структуре ЦПСВ бытового назначения, на рисунке 3.4 приведена его типовая модель и отмечены принятые уровни функционирования.

Рисунок 3.4 – Типовая модель и уровни функционирования ЦПСВ

Так, физический и канальный уровни охватывают функции настройки на требуемый канал, QPSK-демодуляцию и прямую коррекцию ошибок. Транспортный уровень и подуровень ограниченного доступа охватывают демультиплексирование различных ТВ-программ, выделение пакетов видео, аудио, данных, а также доступ к закрытым программам. Сетевой уровень охватывает декодирование видео, звука и данных, а также управление электронным руководством по программам, служебной информации и прочим сетевым услугам. Представительный уровень охватывает оконечные тракты и интерфейсы пользователя, а прикладной – информационные приложения, связанные с использованием изображения, звука и данных.

Современное поколение ЦПСВ строится на сверхбольших интегральных микросхемах и располагает большим объемом оперативной и кэш-памяти (по 8 Мбайт и более). Такие функциональные задачи, как демультиплексирование и декодирование видео и звука, решаются на базе одной СБИС. Типовая структурная схема цифрового приемника бытового назначения приведена на рисунке 3.5. Совокупность сигналов в полосе первой ПЧ (0,95…2,15 ГГц) поступает на блок настройки (селектор), который осуществляет предварительное усиление, электронную настройку перестраиваемого полосового фильтра (ППФ) на требуемый канал и преобразование выделенного сигнала на вторую ПЧ fПЧ2 = 480 МГц (рисунок 3.6). Рабочий уровень входных сигналов ЦПСВ находится в пределах -65…-35 дБм, где нижний уровень характеризует уверенный прием при слабых сигналах, а верхний – начало искажений из-за перегрузки выходных каскадов. Коэффициент шума приемника около 10 дБ.

Предварительный усилитель обеспечивает согласование его входного сопротивления с кабелем, снижает просачивание мощности гетеродина на вход устройства и определяет коэффициент шума приёмника. ППФ исключает возможное преобразование на частоту fПЧ2 входных сигналов, расположенных на зеркальных частотах, и вносит для них ослабление aЗК ≥ 40 дБ (рисунок 3.7). Необходимость введения в приёмник ППФ возникает, если диапазон принимаемых частот шире, чем 2 fПЧ2. Перестройка фильтра ППФ осуществляется сопряжённо с перестройкой гетеродина под управлением МК.

Рисунок 3.5 – Типовая структурная схема цифрового приемника

Рисунок 3.6 − Блок настройки с демодулятором и декодером Витерби

В качестве перестраиваемого гетеродина в диапазоне 1,43…2,63 ГГц используется генератор, управляемый напряжением (ГУН) с ФАПЧ. Частотный диапазон гетеродина выбирается выше входных частот, что снижает коэффициент перестройки и упрощает реализацию ГУН. Здесь fВХ.В, fВХ.Н − верхняя и нижняя частоты диапазона перестройки ГУН, равные 2,63 и 1,43 ГГц соответственно. Относительная нестабильность частоты ГУН определяется стабильностью опорного кварцевого генератора системы ФАПЧ и имеет значения лучшие чем 10-5.

Рисунок 3.7 – Схема подавления зеркальной помехи

Преобразованный на fПЧ2 сигнал проходит через фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), который определяет частотную избирательность ЦПСВ и ширину его полосы пропускания ΔfВЧ (обычно 36 МГц), и поступает на УПЧ.

В блоке настройки производится автоматическая подстройка частоты (АПЧ) и автоматическая регулировка уровня (АРУ). АПЧ служит для компенсации ухода частоты fПЧ2 в процессе эксплуатации. Суть её работы состоит в отслеживании ухода частоты относительно номинального значения fПЧ2 и формировании напряжения ошибки, пропорционального этому уходу. По величине ошибки производится изменение параметров перестраиваемого гетеродина для достижения номинального значения fПЧ2. АРУ поддерживает постоянство уровня сигнала на входе фазового демодулятора, при котором реализуется оптимальный режим его работы.

В когерентном фазовом демодуляторе QPSK происходит разделение ФМ-сигнала по двум квадратурным I и Q каналам. В каждом канале на основе балансного смесителя и восстановленной несущей с частотой fПЧ2 осуществляется преобразование ФМ-сигнала (фазовое детектирование) в НЧ-диапазон. Процедура восстановления опорного сигнала в QPSK-демодуляторе осложнена тем, что полезный ФМ-сигнал не содержит несущей, поскольку передаётся с двумя боковыми полосами без неё. Для когерентного ФМ-приёма опорное колебание обычно формируют на приеме из информационного сигнала, удаляя из него модуляцию (путём учетверения частоты) и применяя ГУН с ФАПЧ.

Полученная на выходе каждого смесителя искаженная импульсная последовательность проходит через формирующий фильтр Найквиста, АРУ канала и поступает на трёхразрядный АЦП. Фильтр Найквиста выполняет функции последетекторной фильтрации. Он ограничивает полосу спектра импульсной последовательности и снижает межсимвольные искажения. В большинстве реализаций ЦПСВ формирующий фильтр цифровой (трансверсальный) с кососимметричным срезом АЧХ относительно частоты Найквиста и уровня половинной мощности. Наклон среза задаётся коэффициентом скругления αС спектра. Чем больше коэффициент αС, тем меньше относительный уровень боковых колебаний на выходе ФНЧ и быстрее они затухают. Однако с ростом αС увеличивается реально необходимая полоса частот. Согласно (5.2) при символьной скорости BС = 27,5 Мсимв./с и αС = 0,28 полоса ФНЧ BС·(1+αС)/2 составляет 17,6 МГц. В пределах полосы прозрачности фильтра неравномерность АЧХ обычно не превышает 0,5 дБ.

Необходимость применения независимой АРУ в каждом канале вызвана требованием точной установки уровня порога относительно среднего значения амплитуды импульсной последовательности. Расхождение между уровнями в I и Q каналах не должно превышать 0,2 дБ.

В АЦП обеспечивается 8-уровневое квантование импульсов с образованием 3-битной комбинации на отсчёт. Тактовая частота на АЦП поступает с устройства восстановления тактовой синхронизации. Старший разряд в кодовой комбинации характеризует полярность импульса, два младших указывают на разрешённый уровень, к которому принадлежит вершина импульса.

Таким образом, в АЦП помимо информации о «1» или «0» формируются сведения о степени отклонения вершины импульса от порога. Решение о символе в демодуляторе не принимается, а передаётся на декодер. Поскольку на декодер поступает больше информации, чем при двухуровневом квантовании (жёсткое решение), то решение о символе производится по мягкой схеме с более высокой достоверностью. Для канала с тепловыми шумами при наличии 8-уровневого квантования выигрыш в помехозащищённости составляет около 2 дБ. Эта величина только на 0,25 дБ ниже предельного значения, получаемого при бесконечно большом числе уровней квантования.

В качестве устройства с мягкой схемой принятия решения о символе в ЦПСВ используют декодер свёрточного кода Витерби, который также обеспечивает прямое исправление ошибок (FEC – Forward Error Correction) и является первой ступенью блока помехоустойчивого декодирования. В состав декодера входят (рисунок 3.6): деперфоратор, вычислитель метрик путей, процессор, устройство памяти «выживших» путей, выходное решающее устройство, а также устройства ветвевой синхронизации и устранения неоднозначности фазы демодулятора. Вычисления в декодере производятся по алгоритму максимального правдоподобия с использованием метода динамического программирования. Исправляющая способность декодера зависит от относительной скорости свёрточного кода RСК, вероятности ошибок PОШ на его входе и длины кодового ограничения. Требуемое значение RСК (1/2, 2/3, 3/4, 5/6 или 7/8) устанавливается в ЦПСВ пользователем с ПДУ или автоматически по наличию сигнала синхронизации. Вместе с изменением RСК изменяется конфигурация «выкалывания» бит в деперфораторе. Недостатком декодера Витерби считается его склонность к размножению и пакетированию ошибок.

В корректоре ошибок, кроме декодера Витерби, используется деперемежитель для борьбы с пакетными ошибками, а также декодер Рида-Соломона и дескремблер. Благодаря деперемежению пакетные ошибки переходят в разряд одиночных и распределяются во времени достаточно равномерно. Это обстоятельство повышает исправляющую способность декодера РС. Наличие в системе перемежителя и деперемежителя приводит к временной задержке сигнала на 187 байт.

Блочный декодер Рида-Соломона (204, 188, t = 8) является второй ступенью прямого исправления ошибок. Он обеспечивает исправление как независимых, так и пакетированных ошибок, и работает в облегченном по уровню ошибок режиме. Декодер исправляет 8 ошибочных байт в пакете из 204 байт.

Дескремблер исключает псевдослучайность, внесенную в цифровой поток на стороне передачи. Механизм дескремблирования основывается на повторном скремблировании цифрового потока при использовании идентичного генератора ПСП и сигналов инициализации скремблера. На выходе дескремблера действует транспортный поток со скоростью данных

, бит/с. (3.6)

Транспортный поток из пакетов по 188 байт поступает на демультиплексор (DEMUX), который идентифицирует пакеты, относящиеся к выбранной пользователем программе. Вследствие сортировки пакетов формируются элементарные потоки видео, звука и данных.

Правильное демультиплексирование цифрового потока осуществляется благодаря прочтению сервисной информации SI, содержащейся в потоке. Алгоритм прочтения SI приведен на рисунке 3.9.

Процесс прочтения начинается с идентификатора PID = 0, по которому определяются транспортные пакеты длиной 188 байт, содержащие таблицу объединения программ PAT. В таблице указаны все номера программ, входящих в цифровой спутниковый пакет, и их идентификаторы. Для настройки приемника производится обращение к PID = 16, с которым связана таблица сетевой информации NIT. Эта таблица содержит зарегистрированный в ETSI номер сети (Network\_id) и сведения, по которым приемник может автоматически настроиться на прием (позиция ИСЗ, поляризация, метод модуляции, частота, символьная скорость, относительная скорость кодирования). Далее осуществляется обращение к PID = 1 для анализа содержания таблицы CAT, в которой прописаны идентификаторы транспортных пакетов с данными разрешения на доступ.

Рисунок 3.9 − Схема демультиплексирования цифрового потока

По указанной пользователем программе Х из потока выделяются пакеты с PID = PX и анализируется состав прогаммы в таблице PMT. В ней указан номер программы, ее компоненты (видео, звук, данные), их идентификаторы, тип элементарного потока и его PID, а также PID пакетов, содержащих эталонные метки времени (PCR) программы. На основании полученных PID из потока извлекаются требуемые пакеты компонент программы, которые поступают на видеодекодер MPEG-2, аудиодекодер Musicam и интерфейс RS-232. Одновременно извлекаются данные для восстановления тактовой частоты.

Декодирование закрытых программ и данных, рассылаемых по подписке, осуществляется в демультиплексоре благодаря наличию в нем дескремблера, блока условного доступа (БУД) и абонентской карточки, находящейся в слоте БУД. Порядок декодирования закрытых программ следующий. По значениям PID, взятым из таблиц CAT и PMT, выделяются пакеты сообщений управления и разрешения на доступ. Эти сообщения поступают на абонентскую карточку, в памяти которой хранятся секретный алгоритм дешифрации ключей, ограничение на доступ и сеансовые ключи, обновляемые по эфиру вещателем. Если в процессе сравнения отсутствуют расхождения на запрашиваемую информацию, то МП дает команду дешифровать кодовое слово, выделенное из транспортных пакетов СУД, и подать его на дескремблер демультиплексора для восстановления исходной информации. Если при сравнении обнаружены расхождения (срок подписки истек, запрашиваемая программа не оплачена и др.), то МП не дает разрешения на доступ кодового слова к дескремблеру, и обработка сигнала прекращается.

DEMUX программируется и управляется с МП (по 8-битной шине данных и 13-битной шине адреса) при использовании различных управляющих сигналов: чтение/запись, подтверждение данных и др.

Видеодекодер MPEG-2 восстанавливает исходное изображение, реконструируя его из кадров I-, P- и В-типа. В процессе восстановления используется деквантование, обратное дискретное косинусное преобразование, декодирование кода Хаффмана, восстановление составляющих яркости и цветности каждого кадра и др. То есть используется набор процедур, обратных принятым при компрессировании. Поскольку для восстановления изображения необходимо удержание нескольких кадров, то емкость памяти ОЗУ MPEG-2 должна быть большой. Восстановленный поток видеоданных поступает на электронный коммутатор, управляемый синхрогенератором. Благодаря коммутатору во время кадрового гасящего импульса в видеосигнал вводится информация о цветовой синхронизации SECAM, телетекст и др.

С помощью необходимых установок со стороны пользователя или в соответствии с алгоритмом реализации вспомогательных функций в приемнике на полученное изображение могут накладываться графические данные: экранное меню, параметры настройки, титры, текущее время и др.

Восстановленный поток видеоданных поступает на ЦАП для получения компонентных сигналов яркости (Y) и цветности (CR, CB). Из этих сигналов в кодере PAL (SECAM) формируются сигналы R, G, B и полный аналоговый видеосигнал (CVBS) требуемого стандарта. Для правильной работы кодера используются опорные сигналы с частотой 25 и 13,5 МГц.

Аудиоданные с выхода демультиплексора поступают на декодер звука «Musicam» для декомпрессии сигнала в соответствии с алгоритмом, находящимся в ОЗУ. Звуковые данные задерживаются на время до 1 с для синхронизации звука и изображения. Эта задержка необходима, поскольку обработка видеосигналов длится дольше, чем обработка звуковых пакетов.

Во всех бытовых моделях ЦПСВ видео- и аудиосигналы преобразуются в радиомодуляторе в радиосигнал одного из каналов ДМВ-диапазона. Посредством согласующего устройства (СУ) (см. рисунок 7.6) к радиосигналу могут быть добавлены сигналы местного телевидения и совместно поданы на антенный вход телевизора.

Управление устройствами ЦПСВ осуществляет микропроцессор (МП) и микроконтроллер (МК). МП организует управление работой демультиплексора, блока условного доступа, видео- и звукового декодеров, а также системой меню приёмника. Он имеет собственные шины данных, адреса и управления, оперативную и флэш-память, которая используется для хранения программ управления. Программы могут обновляться с компьютера или по спутниковым каналам вещательной компанией. МК осуществляет управление параметрами блока настройки, демодулятора, блока исправления ошибок и кодера PAL/SECAM. Он контролирует режим источника питания и осуществляет связь с МП. При включении ЦПСВ МП производит загрузку программного обеспечения из флэш памяти и устанавливает все узлы приемника в состояние, соответствующее параметрам последней настройки.

4 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕСТРОЙКИ И НАВЕДЕНИЯ АНТЕННЫ НА ЗАДАННЫЙ ИССКУСТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

Прием сигналов осуществляется в г. Гродно с географическими координатами ψ=53,700 с.ш., φз=23,800 в.д. с спутника HotBird 6/7A (130 з.д.)

Большинство современных систем индивидуального и коллективного приёма программ спутникового вещания оснащены опорно-поворотным устройством (ОПУ) для оперативного наведения антенны на заданный ИСЗ. Наиболее простым механизмом перестройки антенны является опорно-поворотное устройство с полярной подвеской, у которого ось вращения антенны направлена на Полярную Звезду (ПЗ) и находится в плоскости Север-Юг. Для перестройки антенны по азимуту и углу места в этом ОПУ используется только один силовой привод (актуатор), работающий под управлением сигналов с позиционера. Недостатком такого типа ОПУ является то, что с увеличением диапазона азимутальной перестройки антенны при малых углах мест возрастает погрешность её наведения на требуемый ИСЗ. Для минимизации ошибки наведения антенны корректируют угол наклона оси ее вращения путем смещения оси в направлении на спутник.

Расчет будем проводить для открытых условий приёма сигналов с ИСЗ.

Минимальный угол места, ниже которого прием сигналов с ГО затруднен, примем εМИН = 8º. Определим для заданной географической широты места приема угловой обзор видимой части дуги геостационарной орбиты, в пределах которого возможен приём сигналов со спутников:

, град (4.1)

, град (4.2)

где (4.3)

= 6370 км - радиус Земли ;

Н = 35786 км - высота геостационарной орбиты;

αП – угол относительного центра Земли между направлениями на ЗС и ИСЗ для случая ε=εМИН.

Определим угловой диапазон азимутальной перестройки ОПУ антенны (от горизонта до горизонта), соответствующий максимальному угловому обзору дуги ГО:

, град (4.4)

На широте максимальный угол обзора равен 0, а на экваторе () . Реально верхней границей для широт, с которых целесообразен прием сигналов, считается , так как выше этого значения заметно возрастают энергетические потери и резко увеличивается уровень шумов.

Определим угловое разнесение между крайними позициями спутников, находящихся на видимой с точки приёма части дуги ГО:

, град (4.5)

Рисунок 4.1 – Геометрическое представление орбитальных показателей

Определим на видимой части дуги ГО значения крайних позиций восточного и западного спутников, находящихся под углами мест ε = εМИН (φЗ = 23,80о в.д.).

, град (4.6)

, град (4.7)

5. Определим для географической широты точки приема максимальный угол места εМ и диапазон угломестной перестройки ОПУ:

, град (4.8)

, град (4.9)

Рисунок 4.2 - Зависимости /2 , /2 и εМ от широты места приема

Определим координаты наведения антенны на спутник HotBird 6/7A.

Угол места, под которым виден заданный вещательный спутник с точки приема (φС = 13о)

, град (4.10)

,град (4.11)

Так как спутник находится под углом места ε ≤ 35о, скорректируем угол места с учетом наличия атмосферной рефракции:

, град (4.12)

Определим азимут β и азимутальное смещение Δβ между направлениями на юг и на спутник. Азимут характеризует угол между направлениями на северный полюс (СП) и спутником. Угол отсчитывается по часовой стрелке в горизонтальной плоскости точки приема.

, град (4.13)

, град

где - азимутальное смещение, равное углу между направлениями на юг и на спутник с вершиной в точке приема.

Так как спутник расположен западнее ЗС, берем со знаком «плюс».

Расчетные значения

Рисунок 4.3 - Азимут β и азимутальное смещение Δβ

Укажем на дуге ГО позиции заданных ИСЗ и рассчитанные показатели наведения и перестройки.

Рисунок 4.4 - Параметры наведения и перестройки антенны

Для ОПУ с полярной подвеской вычислим угловую ошибку в наведении антенны на крайние позиции ИСЗ, определенные в п.4 расчёта:

, град (4.14)

, град (4.15)

, град (4.16)

Для минимизации угловой ошибки в наведении антенны на ИСЗ определим угловое смещение её оси вращения относительно направления на ГО:

, град (4.17)

Определим угол наклона оси вращения антенны модифицированного ОПУ относительно горизонтальной плоскости в месте приема:

, град (4.18)

Определим скорректированный угол склонения модифицированного ОПУ между осью вращения и перпендикуляром к направлению на юг:

, град (4.19)

Рисунок 4.5 - Геометрические построения для описания ОПУ

Проверим выполнение условия:

 (4.20)

5 РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОЛИНИИ

В примере расчета предполагается осуществлять индивидуальный приём сигналов в г. Гродно (ψ = 53,7° с.ш. и ϕЗ = 23,8° в.д.) с ИСЗ HotBird 6/7A (ϕС = 13° в.д.) на фиксированную офсетную антенну в диапазоне частот 10,7…12,75 ГГц. Допустимый процент времени снижения качества сигналов на радиолинии Т = 0,1 %. Угол места, под которым виден спутник с точки приема =27,92°. Относительное угловое отклонение направления ДН антенны от истинного направления на спутник 2ϕΣ θ0,5 = 0,2. Угловое смещение плоскостей поляризации антенн спутника и приемной станции θП = 10°.Усредненная по поверхности зеркала антенны относительная высота неровностей δ/λ = 0,03. Радиус Земли RЗ = 6370 км, высота орбиты Н = 35786 км, А = 0,1511.

Определим наклонную дальность между заданной позицией спутника и точкой приема (радиус Земли RЗ = 6370 км, высота орбиты Н = 35786 км):

, км. (5.1)

. .. (5.2)

.

 .

Определим энергетические потери сигнала в свободном пространстве от ИСЗ к приёмной антенне вследствие расходимости излучаемой мощности (fp=12,7 ГГц):

, дБ. (5.3)

Определим энергетические потери мощности сигнала в спокойной атмосфере, обусловленные поглощением сигнала в кислороде и водяных парах:

, дБ. (5.4)

Для допустимого процента времени ухудшения качественных показателей на спутниковой радиолинии определим потери сигнала в осадках:

, дБ. (5.5)

Определим потери мощности сигнала из-за ошибок в наведении приёмной антенны на требуемый спутник:

, дБ. (5.6)

Определим потери сигнала с линейной поляризацией вследствие углового смещения плоскостей поляризации между антенной спутника и антенной ПС:

, дБ. (5.7)



Определим суммарные потери мощности сигналов на спутниковой радиолинии:

 , дБ. (5.8)

.

По картам зон обслуживания спутниковым вещанием определим в направлении точки приёма значение эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ) ретрансляторов ИСЗ. Для спутника HotBird 6/7A (ϕС = 13° в.д.) значение ЭИИМ в направлении г. Гродно ЭБР = 51 дБВт.

Определим плотность потока мощности у поверхности Земли, создаваемую ретранслятором спутника на несущей частоте

, дБВт/м2.

Определим эквивалентную шумовую температуру (ЭШТ) антенны, обусловленную приемом шумов от внешних источников и собственных шумов из-за потерь в элементах антенны:

, К. (5.10)

Составляющая ТПОГ, обусловленная приемом поглощенной в атмосфере и дождях мощности сигнала (ТСР = 260 К):

, К. (5.11)

.

Составляющая ТЗ, обусловленная приемом антенной фонового излучения Земли через её боковые лепестки (dА = 1,2м):

, К. (5.12)

Составляющая ТКОС, обусловленная приемом антенной радиоизлучений Галактики:

, К. (5.13)

.

Составляющая ТСОБ, обусловленная приемом тепловой мощности из-за омических потерь энергии сигнала в элементах антенны:

, К. (5.14)

Минимальное значение эквивалентной шумовой температуры приемной антенны для сухой и ясной погоды:

, К. (5.15)

6 РАСЧЕТ МЕСТА УСТАНОВКИ ПРИЁМНОЙ АНТЕННЫ

На фрагменте плана застройки жилого массива отметим точкой А предполагаемое место установки приемной антенны (см. рисунок 6.1). Из этой точки отложим угол обзора θОБ видимой части дуги ГО, ось симметрии которого совпадает с направлением на юг.

Из выбранной точки A отложим углы азимутальных смещений Δβi, заключенные между направлением на юг, и направлениями на требуемые спутники, с которых предполагается вести прием:

,град, (6.1)

где – позиция i-го спутника на ГО.

Положение углов Δβi при построении устанавливается в зависимости от позиций спутников и долготы точки приема.

В результате расчета значения углов Δβi в направлении на ИСЗ с позицией =13о в.д. составляет 13,317о .

Для каждого из отмеченных на плане направлений на спутники определим расстояния li от точки A до препятствий.

В соответствии с планом (рисунок 6.1) l= 80м.

Определим минимальное значения высоты подъема антенны, при которых отсутствует экранирование сигналов препятствиями:

, м; (6.2)

, град,……….. (6.3)

где hПi – высота препятствия на i-м направлении относительно нулевой отметки здания, на котором планируется установка антенн.

Для высоты препятствия hП = 45м в результате расчета h1 = 0,546 м.

Рисунок 6.1 – Фрагмент плана застройки

Рисунок 6.2 – Продольный профиль

Уточним позиции крайних спутников на ГО, с которых возможен приём сигналов при наличии в зоне приема технических ограничений, например, стен зданий, из-за которых не реализуется теоретический диапазон перестройки антенн

, град, (6.4)

где – угол, заключенный между направлением на юг и стеной здания, ограничивающей реальный угол обзора.

В формуле используется знак «плюс», если граница реального угла обзора находится с восточной стороны, и знак «минус» − с западной стороны относительно места приёма. В соответствии с рисунком 6.1 граница для перестройки антенны находится с западной стороны и угол χ = 40о. Крайняя западная позиция спутника на ГО, с которого возможен прием, составляет ϕС.К. = 10,269о з.д.

Для известных параметров приемного оборудования и допустимого относительного изменения ЭШТ конвертора определим возможное ослабление сигнала на интервале между конвертором и спутниковым приемником. Относительное изменение ЭШТ на входе конвертора μ=0,04, коэффициент шума конвертора nШ.К. = 0,5, усиление конвертора KРК = 55 дБ, коэффициент шума тюнера nШ.Т. = 10 дБ:

,дБ. (6.5)

Для нашей системы возьмем коаксиальный кабель типа SAT 703. Погонное затухание в кабеле αКАБ = 0,254 дБ/м, потери в делителе мощности aДОП = 3,0 дБ. Учтем дополнительные потери в пассивных устройствах между конвертором и тюнером и определим максимальную длину соединительного кабеля:

 ,м. (6.6)

На основании полученных данных о высоте подъема антенны и максимальной длине кабеля, а также исходя из предполагаемого места размещения приемного оборудования, определим место установки антенны и выберем реально требуемые длины соединительных кабелей.

Антенна располагается на стене жилого здания с высотой h = 30 м. Эта высота превышает все минимальные отметки мест размещения антенн. Приемное оборудование находится в квартире. При установке длина кабеля составит l = 20м.

7 РАСЧЕТ СИСТЕМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЁМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Определим эквивалентную шумовую температуру приемного устройства на входе конвертора (Т0 = 290 К):

, К. (7.1)

Определим полную ЭШТ приемной системы на выходе облучателя антенны, обусловленную шумами антенны, волноводного тракта и приемника. Корректор поляризации аВТ = 0,25 дБ:

, К. (7.2)

По величине символьной скорости BC фазомодулированного сигнала и ширине полосы радиоствола ΔFСТ = ΔFВЧ определим коэффициент расширения полосы (BC = 27,5 Мсимв./с, ΔFСТ = 36 МГц):

. (7.3)

Определим относительную скорость каскадного кодирования (RСК = 3/4 и RРС = 188/204):

. (7.4)

=0,691

Определим скорость передачи данных в транспортном потоке на выходе блока исправления ошибок (М = 4):

, Мбит/с. (7.5)

Определим спектральную эффективность цифрового канала спутникового вещания с принятыми параметрами

, бит/с·Гц. (7.6)

Определим превышение пропускной способности радиоканала по Шеннону над скоростью передачи данных B0 (РОШ.В = 10-5):

. (7.7)

Определим энергетический выигрыш в помехозащищенности от применения каскадного кодирования с прямым исправлением ошибок:

=; (7.8)

 дБ (7.9)

Определим требуемое значение ОНШ на входе ПС, при котором на выходе декодера Витерби обеспечивается заданная величина РОШ.В:

дБ (7.10)

Определить для требуемого ОНШ уровень сигнала на входе ПС:

, дБВт. (7.11)

7.12 Определим для действующего значения ЭИИМ необходимое усиление приёмной антенны ((δ/λ) = 0,003, ΔgЭ = 1,0 дБ):

, дБ. (7.12)

Определим диаметр приемной антенны на средней частоте fСР рабочего диапазона (fСР = 12,25 ГГц, КИП антенны равен 0,65):

, м. (7.13)

Выберем офсетную антенну фирмы SUPRAL (Дания) типа Supral 0,7 размером 700х750 мм, со стальным рефлектором, двойным антикоррозийным покрытием и коэффициентом усиления дБ на частоте 11,3 ГГц.

Определим угловое отклонение раскрыва офсетной антенны от вертикального положения при ее установке:

, град (7.14)

Здесь DОФ и dОФ – большая и малая оси раскрыва офсетного зеркала, равные 700 и 750 мм соответственно.

Определить для выбранного типа антенны ширину главного лепестка ДН в горизонтальной θ1 и вертикальной θ2 плоскостях:

, град; (7.15)

, град. (7.16)

Для выбранной офсетной антенны θ1 = 2,631°; θ2  =2,323°.

Определить значения добротностей приемной системы в номинальном режиме работы DПР.Н и в режиме её аттестации DПР.А, когда

:

, дБ/К; (7.17)

,дБ/К.

Для нашего случая DПР.Н = 11,849 дБ/К и DПР.А = 9,29 дБ/К.

Уточним уровень сигнала на входе ПС при использовании выбранной антенны:

, дБВт. (7.19)

Определим реальное (реализуемое) значение ОНШ на входе ПС:

, дБ. (7.20)

Определим энергетический запас в ОНШ по отношению к пороговому режиму работы ПС, при котором наблюдается срыв изображения (системный запас ΔρΣ = 2,4 дБ):

, дБ.

Уточнить величину на выходе декодера Витерби:

 (7.22)

Определим уровень мощности принимаемого сигнала на входе ЦПСВ:

, дБВт. (7.23)

Определим уровень напряжения принимаемого сигнала на входе ЦПСВ, здесь RВХ – входное сопротивление ЦПСВ, обычно равное 75 Ом:

, дБмкВ. (7.24)

.

8 РАСЧЁТ ПОМЕХОЗАЩИЩЁННОСТИ СИСТЕМЫ ОТ МЕШАЮЩИХ ИСЗ

Мешающими спутниками являются: ИСЗ 1 Astra 1F (φМ1 = 19,2о в.д.) с ЭБР1 = 48 дБВт и ИСЗ 2 Eurobird 9 (φМ2 = 9ов.д.) c ЭБР2 = 50 дБВт.

Определим азимутальные смещения позициймешающих спутников φMJ относительно южного направления, проведенного из точки приема:

,град. (8.1)

Для ИСЗ1 Δβ М1 = 5,7о, для ИСЗ2 Δβ М2 = 18,15о.

Определим топоцентрические углы между позицией информационного ИСЗ и позициями каждого из мешающих спутников:

, град. (8.2)

ΘМ1 = 7,616о, ΘМ2  = 4,834о

Определим пространственную избирательность приемной антенны Δg(ΘМ1) по отношению к помехам мешающих ИСЗ:

, при 1о < < 48о (8.3)

Δg(ΘМ1) = 28,942 дБ, Δg(ΘМ2) = 24,008 дБ.

Определим разницу в уровнях ЭИИМ информационного и мешающих ИСЗ:

, дБВт. (8.4)

ΔЭБР1 = 3 дБ, ΔЭБР2 = 1дБ.

Определим разницу в ослаблении полезного и мешающих сигналов на спутниковых радиолиниях:

, дБ.

a∑1 = 0,013 дБ, Δa∑2 = −0,014 дБ.

Определим величину поляризационной развязки LРJ между информационными и мешающими сигналами в совпадающих каналах приема.

При равенстве поляризаций полезного и мешающих сигналов в совпадающих по частоте каналах приема следует принять LРJ = 0. При ортогональных поляризациях сигнала и помех гарантированное значение LРJ составляет 6…8 дБ. При приеме помех с круговой поляризацией на ПС с линейной поляризацией LРJ = 1,5 дБ.

В соответствии с нашими условиями LР1= LР2=0.

Определим на входе приемной системы значения защищённостей от действия помех со стороны каждого из мешающих ИСЗ:

, дБ. (8.7)

АЗ1 = 31,956 дБ, АЗ2 = 24,994 дБ.

Определим на входе ПС защищённость от суммарного действия помех всех мешающих ИСЗ:

, дБ. (8.8)

При наличии двух мешающих ИСЗ:

, дБ. (8.9)

Определим защитный запас от действия помех в совпадающих каналах приема:

, дБ. (8.10)

В соответствии с требованиями на защищенность ПС от помех со стороны ИСЗ в совпадающих по частоте каналах защитное отношение RЗАЩ ≥ 21 дБ. Так как в результате расчета > 0, то условие по защищенности выполняется, и расчет произведён верно.

Определим уровень снижения ОНШ на входе приемной системы от действия помех мешающих ИСЗ:

=0,014, дБ. (8.11)

Рассчитанное значение ΔρП должно быть меньше ранее принятого при выборе системного запаса ΔρΣ. В данном случае 0,014 < 1,541, следовательно расчёт произведён верно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте мы рассматривали приемную систему цифрового спутникового вещания с позиционируемой антенной. Детально были рассмотрены принципы организации цифрового спутникового мультимедийного вещания и структурная схема приемной системы. Также были приведены основные технические характеристики спутника HotBird 6/7A.

Во второй части курсового проекта бал произведен подробный расчет параметров перестройки и наведения антенны, энергетических показателей спутниковой радиолинии, места установки приемной антенны, системных показателей и помехозащищенности приемной системы от влияния мешающих ИСЗ.

Список литературы

1. Э.Б. Липкович, Д.В. Кисель Проектирование и расчет систем цифрового спутникового вещания. Мн.: БГУИР, 2006. – 135 с.: ил.

2. www.telesputnik.ru

3. www.truehd.ru

4. www.625.ru

5. www.broadcasting.ru

6. www.gs.ru