ЛАБОРАТОРИЯ
инфокоммуникационных сетей

СИСТЕМА МОБИЛЬНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА МШБД-360

Решения для метрополитена

Содержание

Содержание 1
Список сокращений 2
1. Обзор МШБД-360 4
1.1. Общие сведения 4
1.2. Назначение системы МШБД-360 5
1.3. Состав и структура системы МШБД-360 5
1.4. Характеристика информационных систем метрополитена 9
2. Основные решения по построению МШБД в метрополитене 11
2.1. Обеспечение требуемой зоны обслуживания 11
2.2. Антенно-фидерная система 12
2.3. Система синхронизации 14
2.4. Система управления 16
2.5. Ядро сети 21
2.6. Решения по резервированию 29
2.6.1. Резервирование оборудования базовых станций МШБД 30
2.6.2. Резервирование оборудования синхронизации 32
3. Описание оборудования 34
3.1. Базовая станция ЛАД-БС 34
3.2. Абонентские станции ЛАД-АС 40
3.3. ВЧ-переключатель типа ЛАД-ВЧ-2-2.2 47
3.4. Распределитель синхросигнала LBX-S24 50

Авторское право © ЛИС, ООО

Список сокращений

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АСКУ ДПМ – автоматизированная система комплексного управления движения поездов метрополитена;

АФС – антенно-фидерная система;

БС – базовая станция;

ДИТС - дирекция информационно-технологических систем и систем связи;

ЕРИС-М - единая радиоинформационная система метрополитена;

МШБД – мобильный широкополосный беспроводный доступ;

ПО – программное обеспечение;

СУ – система управления;

СУСС – система управления сетью связи;

3GPP - консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии/3rd Generation Partnership Project;

EPC - усовершенствованное пакетное ядро/Evolved Packet Core;

EPS - пакетная система нового поколения/Evolved Packet System, включающая в себя ядро пакетной сети нового поколения EPC и сеть радиодоступа нового поколения E-UTRAN;

E-UTRAN - усовершенствованный беспроводной интерфейс 3GPP / Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network;

FE – сетевой интерфейс FastEthernet;

HLR - база данных абонентов сети / Home Location Register;

HSS - сервер абонентских данных/Home Subscriber Server;

IMS – подсистема передачи мультимедийного трафика на основе протокола IP/ IP Multimedia Subsystem;

IMSI - международный идентификатор мобильного абонента (International Mobile Subscriber Identity), индивидуальный номер абонента ассоциированный с каждым пользователем сети мобильной связи;

IP – технология пакетной передачи данных/Internet Protocol;

IPSEC - набор протоколов для обеспечения защиты данных, передаваемых по межсетевому протоколу IP/ IP Security;

LTE - технология построения сетей 3GPP 4-го поколения /Long Term Evolution;

MIB - база управляющей информации/Management Information Base;

MME - узел управления мобильностью/Mobility Management Entity;

Авторское право © ЛИС, ООО

MCPTT - модуль поддержки широковещательной связи/ Mission Critical Push To Talk;

NAS - сетевая система хранения данных / Network Attached Storage;

PCRF - узел определения политик и тарификации/Policy and Charging Rules Function;

PERL - вероятность потерь пакета/ Packet Error Loss Rate;

PGW - пакетный шлюз/Packet Data Network Gateway;

SIP - протокол установления сеанса (Session Initiation Protocol), протокол передачи данных, описывающий способ установки и завершения пользовательского интернет-сеанса, включающего обмен мультимедийным содержимым;

SNMP - простой протокол сетевого управления/ Simple Network Management Protocol;

SGW - обслуживающий шлюз/Serving Gateway;

TDD – временной дуплекс/Time-division duplexing;

QoS - технология предоставления различным классам трафика различных приоритетов в обслуживании/ Quality of service;

UTRAN – беспроводный интерфейс сетей 3GPP 3-го поколения/UMTS Terrestrial Radio Access Network;

VLAN – виртуальная локальная сеть / Virtual Local Area Network.

Авторское право © ЛИС, ООО

1. Обзор МШБД-360

1.1. Общие сведения

Система мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД-360) является системой подвижной радиосвязи 4-го поколения, работающей в диапазоне частот 360-380 МГц и реализующей стандартные технологии 3GPP и технологии собственной разработки. Система МШБД обеспечивает связь со стационарными и мобильными абонентскими станциями со скоростью до нескольких десятков Мбит/с в зависимости от условий приёма.

Система МШБД-360 позволяет создавать технологические территориально распределенные сети радиосвязи. Диапазон частот 360-380 МГц характеризуется хорошими свойствами огибания поверхностей и препятствий, низкими потерями на распространение радиосигналов по сравнению с диапазонами коммерческих сетей сотовой подвижной связи (900/1800, 2600 МГц).

Применение системы МШБД-360 ориентировано на создание технологических сетей радиосвязи на объектах транспортного комплекса:

- городской наземный пассажирский транспорт для целей управления транспортными средствами и оповещения пассажиров;

- метрополитены для целей организации системы управления движением и информирования пассажиров;

– федеральная сеть транспортной телематики на автомобильных и железных дорогах.

Авторское право © ЛИС, ООО

1.2. Назначение системы МШБД-360

Система МШБД в метрополитене предназначена для организации беспроводного обмена технологическими данными, в том числе для управления движением поездов. Система МШБД выполняет следующие основные функции:

- передача данных со скоростью не менее 1 Мбит/с;
- обеспечение индивидуальных и групповых вызовов;
- передача видеоинформации;
- передача коротких сообщений с подтверждением их получения;
- запись и хранение потоков данных, передаваемых в сети;
- одновременная передача голоса, видео и данных;
- аутентификация абонентских устройств в соответствии с требованиями 3GPP и возможностью блокировки/мониторинга абонентских терминалов в случае компрометации.

Система МШБД располагает следующими возможностями:

- назначение приоритетов абонентам в зависимости от используемого ими сервиса (QoS) в соответствии с требованиями 3GPP;
- обеспечение «мягкого хэндовера» - передачи обслуживания между базовыми станциями без прерывания сервиса;
- динамическая регулировка мощности абонентских терминалов и базовых станций;
- удалённый мониторинг абонентских терминалов.

1.3. Состав и структура системы МШБД-360

Основные структурные элементы системы МШБД-360:

- подсистема базовых станций;
- подсистема абонентских станций;
- антенно-фидерная система;
- транспортная сеть;
- ядро сети;
- система управления;
- система синхронизации.

Структурная схема системы МШБД-360 показана на рисунке 1.1.

Авторское право © ЛИС, ООО

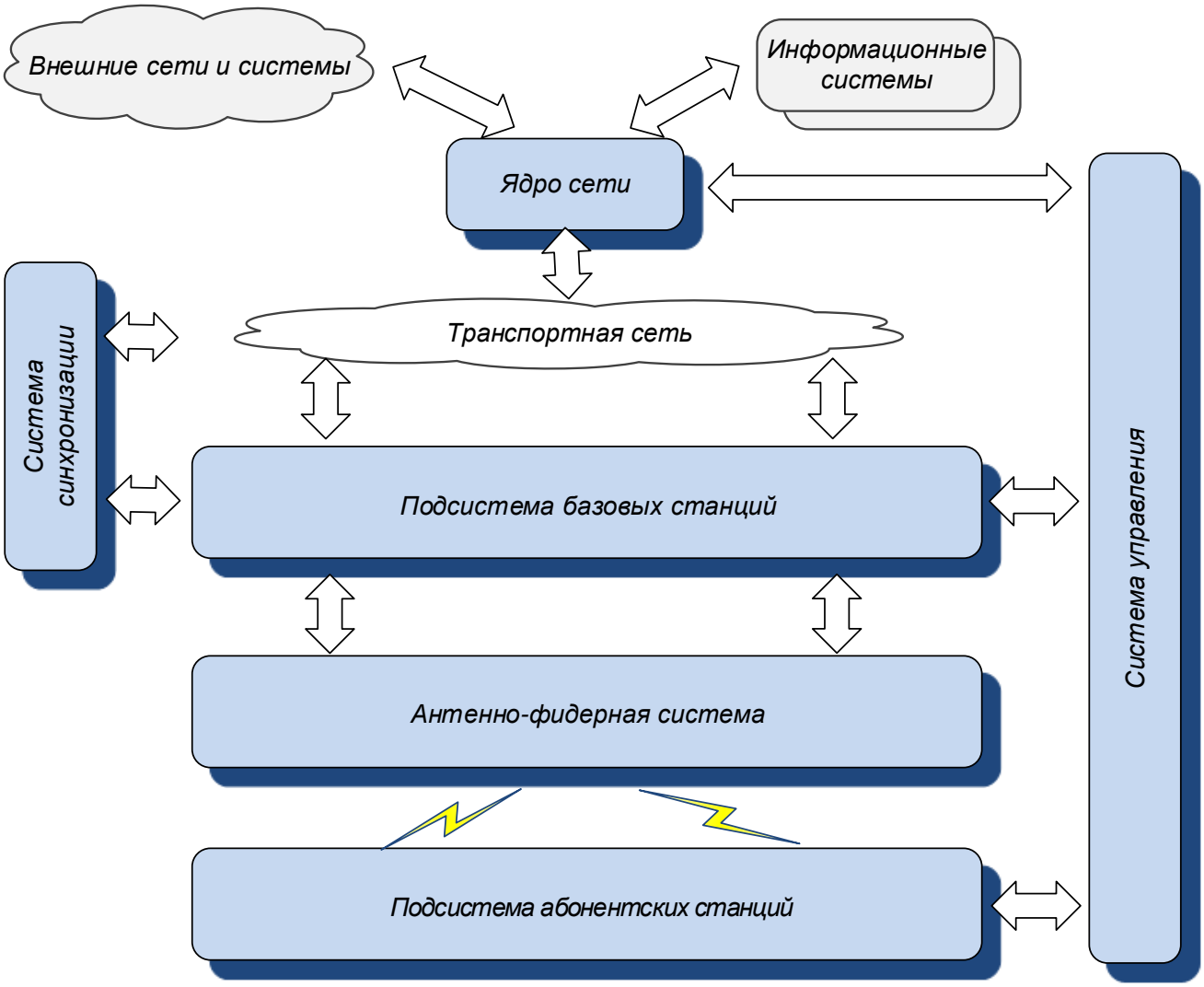


Рисунок 1.1. Структурная схема системы МШБД-360

Подсистема базовых станций предназначена для обеспечения требуемой зоны обслуживания.

Расчёт зон обслуживания осуществляется на этапе проектирования. Размер зоны обслуживания зависит от технических характеристик базовых станций таких как: несущая частота, ширина канала, мощность передатчика. Технические характеристики радиоэлектронного оборудования сети МШБД ограничены следующими решениями ГКРЧ:

- от 11.09.2018 № 18-46-03-2 «Об использовании полосы радиочастот 360–380 МГц радиоэлектронными средствами мобильного широкополосного беспроводного доступа на территории метрополитена города Москвы»;

Авторское право © ЛИС, ООО

- от 16.04.2018 № 18-45-05-1 (с учетом изменений, внесенных Решениями ГКРЧ от 11.09.2018 № 18-46-03-1 пункт 29 и №19-52-04-1 от 22.10.2019 пункт 18) «Об использовании полосы радиочастот 360-380 МГц радиоэлектронными средствами мобильного широкополосного беспроводного доступа».

Зона обслуживания состоит из подземного и наземного сегмента. В подземный сегмент входит территория подземных станций, перегонов между ними и тупиков. В наземный сегмент входит территория наземных станций, открытые перегоны, территория электродепо.

Радиоинтерфейс базовых станций имеет следующие особенности:

- реализованные в радиоинтерфейсе службы передачи обеспечивают поддержку услуг как в реальном времени, так и не в реальном времени, путем использования прозрачной и/или непрозрачной транспортировки данных;
- имеется возможность регулирования качества обслуживания (QoS) по задержке передачи, вероятности принятия ошибочного бита и коэффициента ошибок по пакетам (PER);
- реализуются различные механизмы борьбы с ошибками: турбокоды, низкоплотностные коды для каналов управления и каналов данных, гибридное ARQ;
- имеется возможность организации каналов с гарантированной скоростью передачи (за счет резервирования ресурсов радиоканала) и каналы без гарантированной скорости передачи;
- на линиях вверх и вниз используются различные схемы передачи: OFDMA (вниз), SC-FDMA (вверх);
- поддерживаются полосы частот шириной от 1,4 МГц до 20 МГц;
- поддерживаются высокие пиковые скорости передачи данных до 50 Мбит/с на линии вниз и до 20 Мбит/с на линии вверх. Для обеспечения высоких скоростей передачи используются многопозиционная модуляция (64-QAM на линии вниз и 16-QAM на линии вверх), улучшенная поддержка канального уровня для высоких скоростей передачи данных и методы помехоустойчивого кодирования.
- предусмотрены функции прерывистого приема для обеспечения эффективной поддержки возможности установления соединения в состоянии постоянного

Авторское право © ЛИС, ООО

подключения при одновременном обеспечении экономии расхода тока батареи в оборудовании ЛАД-АС и повышении емкости радиоинтерфейса.

Подсистема абонентских станций представлена возимыми и носимыми станциями. Возимые станции устанавливаются на поездах и других подвижных средствах. Носимые станции в форме телефонов и планшетов используют сотрудники метрополитена. Со стороны системы управления осуществляется контроль абонентскими станциями и удалённое управление. Эта функция необходима для предотвращения незаконного использования абонентского устройства.

Антенно-фидерная система (АФС) метрополитена строится на базе антенн и излучающего кабеля. В ряде случаем имеется возможность использования существующей антенно-фидерной системы сети связи TETRA, функционирующей в диапазоне 450 МГц. Обоснование такого варианта построения является самостоятельной инженерной задачей.

Транспортная сеть предназначена для соединения подсистемы радиодоступа, ядра сети и внешних сетей и информационных систем. В качестве транспортной сети используется сеть передачи данных на базе протоколов IP/MPLS.

Ядро сети представляет собой аппаратно-программный комплекс, включающий специальное ПО и серверное оборудование. Ядро сети выполняет следующие функции:

- управление маршрутизацией трафика;
- сопряжение с внешними сетями и информационными системами;
- обеспечение мобильности абонентов;
- сохранение информации об абонентах, включая требования по качеству услуг;
- идентификация и аутентификация абонентов;
- управление базовыми и абонентскими станциями.

Система управления сетью связи выполняет следующие основные функции:

- удаленное управление и конфигурирование устройств сети, абонентских станций и сетевого оборудования;
- сохранения настроек для каждого вида оборудования во внешнем конфигурационном файле и/или в специализированной базе данных, а также восстановление конфигурации из них;
- сбор, анализ и визуализация статистики работы сети с возможностью хранения в базе данных;

Авторское право © ЛИС, ООО

- администрирование пользователей с возможностью установки различных прав доступа для разных пользователей или групп пользователей, а также групповых прав для доступа к функционалу системы мониторинга.

Система синхронизации обеспечивает совместную работу базовых станций в режиме временного дуплекса (TDD). Система синхронизации может быть реализована локально от источников ГЛОНАСС/GPS сигналов или централизовано по транспортной сети с использованием протоколов IEEE 1588v2.

1.4. Характеристика информационных систем метрополитена

Информационные системы метрополитена по типу информационных сообщений и требованиям к передаче можно разделить на следующие виды:

- ГВ – голосовой вызов, обмен голосовой информацией при индивидуальном вызове;
- ГС – голосовая связь, организация обмена голосовой информацией с возможностью группового вызова в том числе голосовое оповещение;
- АСКУДПМ-1 –обмен данными, связанными с безопасностью движения и пожарной безопасностью;
- АСКУДПМ-2 – обмен данными, связанными с автоведением, диспетчерским контролем и управлением движения поездов;
- ПД – обмен данными подсистемы углублённой диагностики оборудования и систем подвижного состава;
- АСДУ-1 – обмен данными со стационарными объектами управления и контроля;
- АСДУ-2 – обмен данными с мобильными диагностическими комплексами и временными системами управления и контроля;
- ВД – высокоскоростные данные, обмен данными между пользователями и системами сбора и хранения и обработки данных технологических систем (АСКУ ДПМ, АСДУ, ПД);
- ВВ – видеовызов, передача видеоинформации при индивидуальной связи между мобильными комплексами или планшетами с IP-камерами и АРМ (планшетами) эксплуатирующих служб;
- ТН – видеосвязь для передачи видеоданных с подвижного состава по запросу диспетчера;

Авторское право © ЛИС, ООО

- ИСВН – видеосвязь для передачи в сторону машиниста видеоданных со стационарного оборудования;

- СП – обмен данными в системе позиционирования работников в тоннелях для выдачи сообщений из системы управления движением на АРМ машиниста;

- СИТ – обмен данными для выдачи сообщений в систему информационных табло для пассажиров;

- ЭКС – передача экстренных сообщений для службы безопасности и для диспетчеров о ЧС;

- М – передача коротких сообщений.

С учётом требований информационных сервисов метрополитена определены следующие целевые показатели качества услуг (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1. Требования к качеству услуг для информационных сервисов метрополитена

Тип класса QCI	Приоритет	Задержка, мс	Вероятность потерь пакетов (PERL)	Вид информационной системы
1	2	100	$\leq 10^{-2}$	ГВ
2	4	150	$\leq 10^{-3}$	ВВ
3	3	50	$\leq 10^{-3}$	АСКУДПМ-1
4	5	300	$\leq 10^{-6}$	ТН
65	0,7	75	$\leq 10^{-2}$	ГС
67	1,5	100	$\leq 10^{-2}$	ИСВН
6	6	300	$\leq 10^{-6}$	ПД
7	7	100	$\leq 10^{-3}$	СИТ
8	8	300	$\leq 10^{-6}$	АСДУ-2
9	9	300	$\leq 10^{-6}$	АСДУ-1, СП
9	9	300	$\leq 10^{-6}$	ВД
70	5,5	200	$\leq 10^{-6}$	АСКУ ДПМ-2, ЭКС

Задержка определяется как время, которое требуется для передачи пакета от источника к получателю с момента его передачи до момента его успешного приёма получателем (End-to-end – из конца в конец).

Вероятность потерь пакетов PERL определяется для пакетов сетевого уровня как отношение количества пакетов, успешно доставленных за заданное время, делённое на общее количество отправленных пакетов сетевого уровня.

Авторское право © ЛИС, ООО

2. Основные решения по построению МШБД в метрополитене

2.1. Обеспечение требуемой зоны обслуживания

Зона обслуживания сети МШБД определяется технологическими задачами метрополитена. В общем случае для решения задач АСКУ ДПМ необходимо обеспечить покрытие в перегонах между станциями, в местах отстоя подвижного состава, в тупиках, на путях примыкания к другим линиям метрополитена, на постах централизации электродепо, в радиоцехах электродепо, в служебных помещениях, включая помещения ДИТС, помещения Службы сигнализации, централизации и блокировки Дирекции инфраструктуры, в помещениях дежурного по станции, кассовых зонах и вестибюлях станций.

Размер зоны обслуживания зависит от требуемого качества связи для каждого информационного сервиса или технологической задачи. Как правило, качество связи определяется требуемой скоростью на линии «вверх» и «вниз», а также вероятностью связи.

В расчётах зон требуется учитывать ширину полосы канала. На основании действующих Решений ГКРЧ на территории метрополитенов выделенная ширина полосы частот для наземного и подземного сегмента составляет 10 и 20 МГц соответственно.

Расчёт зон обслуживания и частотно-территориальное планирование является проектной задачей. Зоны обслуживания открытых участков метрополитена определяются по результатам расчётов затухания радиосигналов на трассах распространения. При выполнении расчётов целесообразно использовать математическую модель ITU-R P.525 с учетом рекомендаций ITU-R P.1225, 1238 (учет затуханий сигнала внутри помещений в зависимости от материала перегородок).

В подземном сегменте в вестибюлях, на которых планируется применять две и более антенны, могут возникать помехи от соседних базовых станций по совмещённому каналу при использовании полосы 20 МГц или по соседнему каналу, при использовании двух полос по 10 МГц. В связи с этим, расчёты выполняются не только для оценки зоны обслуживания, но и для обоснования режима работы оборудования на предмет использования двух полос по 10 МГц или одной полосы шириной 20 МГц.

Авторское право © ЛИС, ООО

На наземном сегменте, выделена полоса шириной 10 МГц. Ввиду возможного мешающего взаимного влияния антенн, подключенных к разным БС, для обоснования режима работы оборудования производятся расчёты для двух полос частот – 5 и 10 МГц.

Для расчёта зоны обслуживания в туннелях, в местах использования излучающего кабеля рекомендуется использовать стандарт IEC 61196-4-2015 «Коаксиальные коммуникационные кабели – Часть 4: Частная спецификация для излучения кабелей» и рекомендаций производителя кабеля.

2.2. Антенно-фидерная система

При построении антенно-фидерной системы (АФС) сети МШБД необходимо учитывать следующие особенности метрополитена:

- длинные туннели затрудняют распространение радиоволн, что приводит к необходимости применения излучающих кабелей;
- на территории метрополитена развёрнута сеть подвижной радиосвязи (ЕРИС-М) в диапазоне 450 МГц технологии TETRA с собственной антенно-фидерной системой, близкой по частотным характеристикам проектируемой сети МШБД в диапазоне 360-380 МГц;
- существующий излучающий кабель используется для распространения сигналов базовых станций сотовых операторов в диапазоне 800 и 900 МГц.

АФС системы ЕРИС-М состоит из излучающего кабеля, проложенного в тоннелях, приёмо-передающих антенн, расположенных на платформах и прилегающей территории, соединительных кабелей, комбайнеров, ответвителей и разветвителей. Существующая АФС ЕРИС-М используется следующим образом:

- в полном объёме для оборудования TETRA в частотном диапазоне 450-470 МГц;
- частично (только излучающий кабель) для оборудования операторов связи в диапазоне 900 МГц.

Учётом этих особенностей возможно три варианта построения антенно-фидерной системы МШБД:

1) использование проектируемой АФС, включая антенны, фидеры и излучающий кабель;

2) использование существующей антенно-фидерной системы ЕРИС-М;

3) использование существующего излучающего кабеля ЕРИС-М и проектируемых антенн.

Авторское право © ЛИС, ООО

Использование существующей АФС имеет ряд технологических ограничений:

- реальные характеристики пассивного оборудования и кабелей могут не соответствовать диапазону проектируемой сети МШБД 360-380 МГц. Результатом несоответствия могут стать повышенные затухания и/или значения коэффициента стоячей волны;

- размещение антенн АФС ЕРИС-М не учитывает особенности распространения широкополосного сигнала системы МШБД. Это может привести к значительной внутрисистемной интерференции.

Выбор варианта построения АФС МШБД осуществляется на основе результатов измерений существующей антенно-фидерной системы и технико-экономического обоснования.

Для использования существующей АФС необходимо выбрать точку подключения сигнала проектируемых базовых станций диапазона 360-380 МГц. Пример решения с использованием существующей АФС ЕРИС-М представлен на рис.2.1.

В этой схеме ввод сигнала проектируемых базовых станций осуществляется в точке максимально приближённой к приёмо-передатчику ЕРИС-М. В том случае, если на станции метрополитена устанавливаются две базовые станции МШБД, существующая АФС делится на две части, которые охватывают «западное» и «восточное» направление. Ввод сигнала в существующий излучающий кабель осуществляется после комбайнера ЕРИС-М с использованием проектируемого диплексера (Д), поддерживающего диапазоны 360-380 МГц и 450-470 МГц.

Диплексер необходим для обеспечения защиты приёмника БС от блокирования источников помех, создаваемых другими передатчиками. В настоящем случае диплексер выполняет функцию защиты приёмника БС системы связи ЕРИС-М от передатчика БС сети МШБД, а также защиты приёмника БС сети МШБД от передатчика БС системы связи ЕРИС-М.

Фильтр (Ф) необходим для увеличения ослабления сигнала проектируемого передатчика МШБД на входные тракты приёмника ЕРИС-М.

Требуемое значение ослабления цепей фидерной системы определяется соотношением максимальной мощности помехи, создаваемой приёмнику реципиента помех и характеристикой блокирования приёмника.

Авторское право © ЛИС, ООО

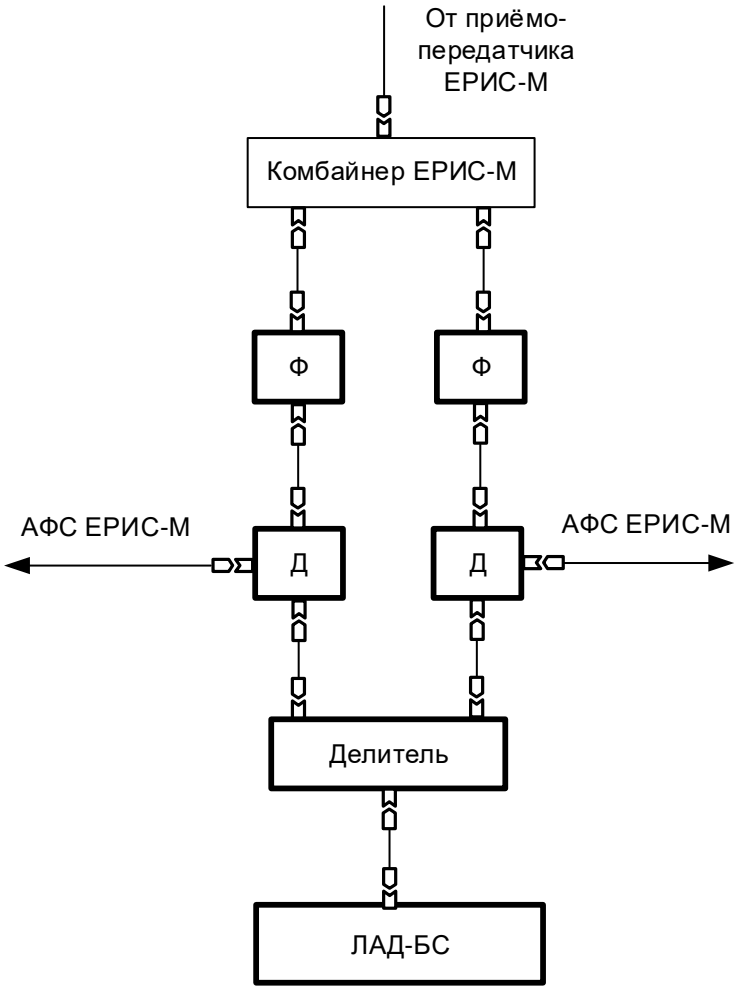


Рисунок 2.1. Схема совмещённой АФС с использованием всей существующей системы АФС ЕРИС-М

2.3. Система синхронизации

Для синхронизации входящих в систему базовых станций должны использоваться следующие синхросигналы:

- импульсы 1 PPS (1 Pulse Per Second) с частотой следования 1 Гц (входные и выходные интерфейсы: TTL, 50 Ом, SMA);

- синхроимпульсы с частотой 10 МГц (входные и выходные интерфейсы: TTL, 50 Ом, SMA).

Погрешность временной синхронизации при временном дуплексе между базовыми станциями в соответствии с требованиями «Правил применения базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиосвязи. Часть VI. Правила применения оборудования подсистем базовых станций сетей подвижной радиосвязи стандарта CS-OFDMA» (утв. Приказом Минкомсвязи №26 от 05.02.19) не должна превышать 3 мкс.

Авторское право © ЛИС, ООО

Выполнение заданных требований по синхронизации сети возможно двумя способами:

1) централизованный режим по протоколу IEEE 1588 (v2);

2) автономный режим (непосредственная синхронизация каждого объекта от приёмников ГЛОНАСС/GPS).

1-й способ предполагает работу по принципу «ведущий-ведомый». В качестве «ведущего» (Master) используется генератор синхрочастот, в котором привязка к эталонному времени выполняется либо от вышестоящего генератора, либо с помощью приёмников ГЛОНАСС/GPS. В последнем случае такой ведущий генератор называется Grandmaster. В качестве «ведомых» (Slave) применяются генераторы, синхронизация которых выполняется от Master или непосредственно от Grandmaster с помощью передаваемых по сети временных пакетов (PTP пакеты). Все сетевые устройства, через которые передаются PTP пакеты, кроме программной поддержки протокола IEEE 1588 (v2) должны иметь: аппаратные часы, тактируемые от управляемого высокостабильного генератора; аппаратные средства, обеспечивающие фиксацию времён приёма и передачи пакетов PTP и вставку временных меток в PTP пакеты.

Среда передачи пакетов PTP (кабель, радиоканал) должна иметь одинаковые задержки передачи пакетов в прямом и обратном направлении или эти задержки должны отличаться на постоянную величину (величину коррекции).

Ошибка коррекции будет сведена к нулю, если связь между Master и Slave организовано по выделенному прямому физическому каналу. При использовании виртуального канала IP-сети ошибка не только будет иметь место, но и будет «плавать» в зависимости от нагрузки на сеть. При этом гарантировать требуемую точность синхронизации (не хуже 3 мкс) невозможно.

2-й способ предусматривает формирование синхросигналов непосредственно на каждой базовой станции. С этой целью на каждой станции размещается генератор синхросигналов (Slave clock) и его сетка синхрочастот привязывается к эталонной шкале времени с помощью приёмников ГЛОНАСС/GPS.

Технически возможно одновременное использование антенн ГЛОНАСС/GPS для синхронизации как оборудования системы ЕРИС-М, так и базовых станций сети МШБД.

Авторское право © ЛИС, ООО

Решения по организации системы синхронизации с использованием существующих антенн GPS показаны на рис. 2.2.

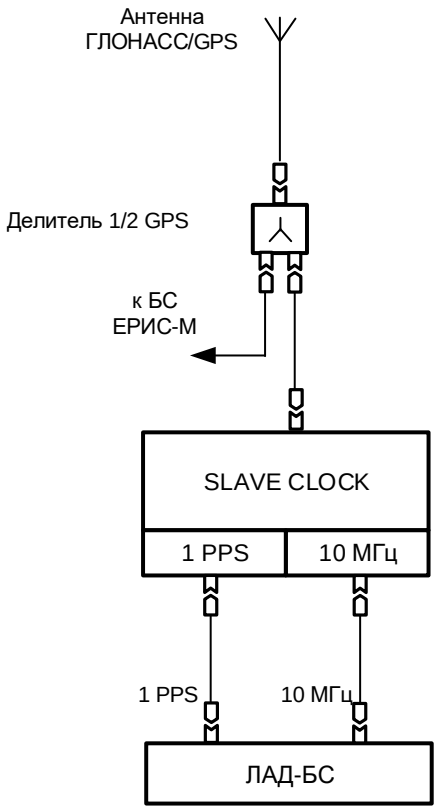


Рисунок 2.2. Схема синхронизации от ГЛОНАСС/GPS

Для ответвления сигнала синхронизации ГЛОНАСС/GPS от существующей антенны используется пассивный делитель 1/2, который позволяет подавать напряжение питания +5 В от оборудования базовой станции ЕРИС-М на активную антенну ГЛОНАСС/GPS. Необходимо учесть, что установка делителя вносит дополнительное затухание 3,5 дБ (3 дБ на делителе и 0,5 дБ на коннекторах) в существующую линию снижения от антенны до приёмника ГЛОНАСС/GPS системы ЕРИС-М.

2.4. Система управления

К системе управления сетью связи (СУСС) системы МШБД метрополитена предъявлены следующие требования:

- обеспечение удаленного управления и конфигурирования устройств сети, абонентских станций и сетевого оборудования с возможностью сохранения настроек для каждого из них во внешнем конфигурационном файле и/или в

Авторское право © ЛИС, ООО

специализированной базе данных, а также возможность быстрого восстановления конфигурации из них;

- наличие подсистемы сбора, анализа и визуализации статистики работы сети с возможностью хранения в базе данных;
- возможность установки как на сервер, с возможностью подключения к нему рабочих станций операторов, так и на отдельную рабочую станцию;
- наличие подсистемы администрирования пользователей с возможностью установки различных прав доступа для разных пользователей или групп пользователей, а также групповых прав для доступа к функционалу системы мониторинга;
- система управления должна быть единой для всех устройств, то есть все устройства должны управляться и конфигурироваться из одного пользовательского интерфейса.

Создание СУСС такого типа является самостоятельной инженерно-технической задачей, выполняемой на стадии создания и эксплуатации системы МШБД.

Структурная схема единой СУСС показана на рис. 2.3. Она включает:

- центральный модуль управления и мониторинга;
- система управления (СУ) ядром сети;
- система управления базовыми станциями;
- система управления абонентскими станциями;
- объекты управления: ядро сети, базовые станции, абонентские станции, вспомогательное оборудование.

Вспомогательное оборудование включает: коммутаторы L2, источники бесперебойного питания, серверы точного времени.

Подсистемы управления ядром, базовыми и абонентскими станциями поставляются вместе с оборудованием. Управление вспомогательным оборудованием осуществляется непосредственно по протоколу SNMP или telnet.

Авторское право © ЛИС, ООО

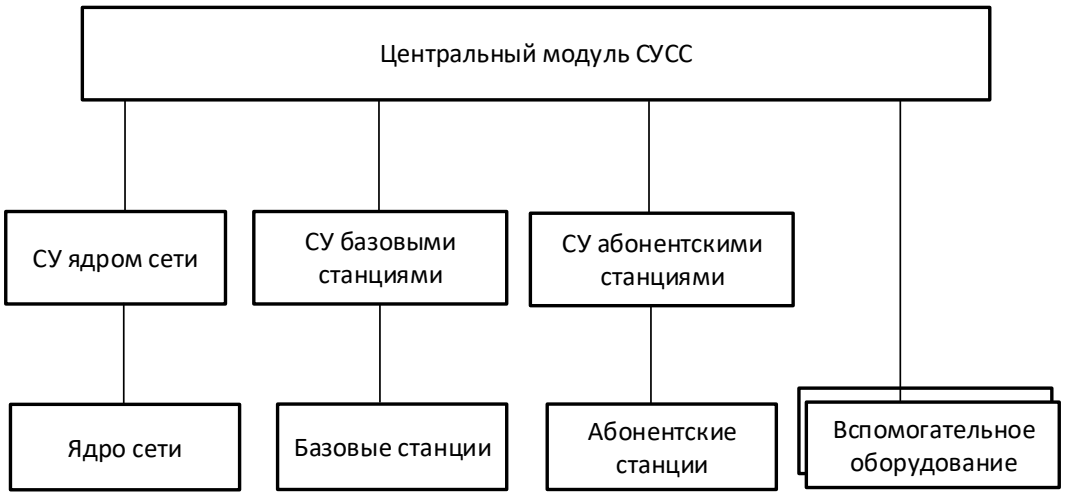


Рисунок 2.3. Структурная схема единой системы управления сетью связи

В качестве технологической основы построения единой СУСС можно принять одну из трёх моделей:

- системы управления, разрабатываемые производителями оборудования;
- универсальные системы на базе протоколов SNMP;
- зонтичные системы мониторинга и управления.

СУСС от производителя разрабатываются для конкретных моделей оборудования. Положительными качествами таких систем является высокая степень детализации параметров мониторинга и команд управления, а также учёт всех особенностей оборудования. Недостатками СУСС от производителей является их узкая область применения, ограниченная типом оборудования.

Протокол управления SNMP (Simple Network Management Protocol - простой протокол сетевого управления) является стандартным интернет-протоколом для управления устройствами в IP-сетях на основе архитектур TCP/UDP. К поддерживающим SNMP устройствам относятся маршрутизаторы, коммутаторы, серверы, рабочие станции, принтеры, модемные стойки и другие.

Архитектура SNMP состоит из трёх частей: менеджера SNMP, агента SNMP и базы данных MIB (Management Information Base - база управляющей информации).

Агент SNMP находится резидентно в памяти объекта управления. SNMP-менеджер может быть частью системы управления сетью NMS (Network Management System).

Достоинством СУСС на базе SNMP протоколов является универсальность и широкие функциональные возможности в том числе:

- автоматическое сканирование сети и отображение элементов сети на карте;

Авторское право © ЛИС, ООО

- обнаружение типа устройств и определение производителя;
- мониторинг устройств, связей между ними и оповещения о сбоях;
- отображение устройств и связей в графическом виде;
- построение карт сетей с добавлением нестандартных устройств;
- поддержка мониторинга по SNMP, ICMP, DNS, UDP и TCP для устройств, поддерживающих данные протоколы;
- запуск с консоли средства удалённого администрирования;
- поддержка клиент-серверной архитектуры;
- многоплатформенность (Linux, MacOS, Windows).

Системы управления ядром сети, абонентскими и базовыми станциями, поставляемые производителями, имеют расширенные функции и используются для:

- установки начальной конфигурации оборудования: ядра, базовых станций, абонентских станций;
- организации оперативного управления и мониторинга базовыми и абонентским станциями со стороны ядра сети в соответствии с требованиями 3GPP.

Установка начальной конфигурации ядра сети производится администратором сети при помощи СУ ядра типа Ansible-monitoring. Она включает комплекс мероприятий:

- конфигурирование сети;
- ведение базы данных абонентов;
- управление качеством сервисов;
- обеспечение безопасности;
- нумерация и адресация.

Установка начальной конфигурации базового оборудования осуществляется либо администратором сети при помощи СУ базовых станций, либо автоматически ядром сети после подключения к сети МШБД. При помощи СУ базовых станций администратор имеет возможность установить:

- идентификатор соты;
- физический идентификатор соты;
- предпочтительные алгоритмы проверки целостности сообщений протокола управления радиоресурсами;
- количество DL (на линии "вниз") антенн;

Авторское право © ЛИС, ООО

- количество ресурсных блоков DL;
- количество несущих частот и ширина канала;
-зона обслуживания мобильной сети PLMN (Public land mobile network);
- список PLMN, транслируемых базовой станцией;
- индекс корневой последовательности PRACH (Physical Random Access Channel – физический канала случайного доступа) для первичного доступа в сеть;
- конфигурацию системных блоков SIB (System Information Block), необходимых для подключения к сети МШБД;
- конфигурацию кадра TDD;
- конфигурацию специального подкадра TDD;
- код зоны слежения за сотой.

Установка начальной конфигурации абонентской станцией осуществляется либо администратором сети при помощи СУ абонентской станцией, либо автоматически ядром сети после подключения к сети МШБД. При помощи СУ абонентской станции администратор имеет возможность установить (управлять параметрами):

- идентификатор абонентской станции;
- параметры SIM-карты;
- сетевые параметры (IP, DNS, APN);
- режимы автоматического и ручного установления/завершения соединения;
- режим автоматического повторного установления соединения;
- параметры аутентификации;
- параметры качества сервисов.

Встроенное программное обеспечение абонентских станций поддерживает ряд функций оперативного контроля параметрами, в том числе сохранение этих параметров в log-файлах:

- состояние подключения к базовой станции;
- уровень принимаемого сигнала.

Системы управления базовыми станциями и абонентским оборудованием устанавливается на АРМ администратора.

Оперативное управление оборудованием в процессе эксплуатации поддерживает следующие функции:

- конфигурация IP-адресов;

Авторское право © ЛИС, ООО

- аутентификация базовых станций;
- загрузка в БС программного обеспечения и эксплуатационных параметров;
- формирование таблицы соседних БС;
- оптимизация таблицы соседних БС;
- обнаружение и восстановление сбоев.

2.5. Ядро сети

Аппаратно-программный комплекс (АПК) ядра сети системы МШБД-360 представляет собой набор платформ для создания пакетного ядра системы мобильного широкополосного доступа, обеспечивающий широкий диапазон интеллектуальных, надежных и безопасных услуг для владельцев или операторов технологических сетей связи.

В качестве ядра сети используется АПК PROTEI EPC производства компании ООО «ПРОТЕЙ».

Архитектура PROTEI EPC соответствует требованиям 3GPP rel.15 и включает в себя следующие основные компоненты: MME (Узел управления мобильностью/Mobility Management Entity), SGW (Обслуживающий шлюз/Serving Gateway), PDN GW (Пакетный шлюз/Packet Data Network Gateway), HSS (Сервер абонентских данных/Home Subscriber Server) и PCRF (Узел начисления оплаты абонента/Policy and Charging Rules Function).

АПК PROTEI EPC обладает следующими характеристиками:

- нагрузочная способность ядра: до 200 000 одновременно подключенных абонентов и до 10 Гбит/с на одном сервере;
- полностью виртуализированная и масштабируемая мобильная платформа;
- гибкая система лицензирования, позволяющая нести затраты в соответствии с текущими потребностями;
- компоненты могут быть подключены/отключены в зависимости от целей использования. Поддерживается взаимодействие с внешними HSS и GGSN/PGW по стандартным интерфейсам. PROTEI SGW/MME могут быть поставлены в комплекте с HSS, PGW и PCRF, или отдельно (интегрируются со сторонними компонентами по стандартному интерфейсу 3GPP).
- простота управления – модульное решение ("signal in a box") уменьшает сложность структуры сети и предоставляет возможность простого управления с помощью CLI/SNMP.

Авторское право © ЛИС, ООО

PROTEI EPC включает в себя все элементы в соответствии с 3GPP. Каждый элемент поддерживает стандартизированный набор интерфейсов, что позволяет интегрироваться в любую среду. Структура EPC представлена на рис. 2.4.

На рисунке представлены следующие функциональные элементы.

SGW (Обслуживающий шлюз/Serving Gateway) маршрутизирует и пересылает пакеты пользовательских данных, одновременно выступая в качестве узла управления мобильностью (mobility anchor) для плоскости пользователя во время передачи сессии абонента (handover) между ЛАД-БС (реализует функции стандартного функционального элемента eNodeB). Он сохраняет информацию о каналах-носителях, когда ЛАД-АС (реализует функции UE) находится в режиме ожидания. Шлюз управляет и хранит состояния ЛАД-АС (например, требования по пропускной способности для IP-сервисов, внутреннюю информацию по сетевой маршрутизации). Он также предоставляет копию пользовательских данных при правомерном перехвате сообщений (lawful interception). Сеть может включать в себя несколько обслуживающих шлюзов, каждый из которых обрабатывает разные каналы передачи данных в разное время.

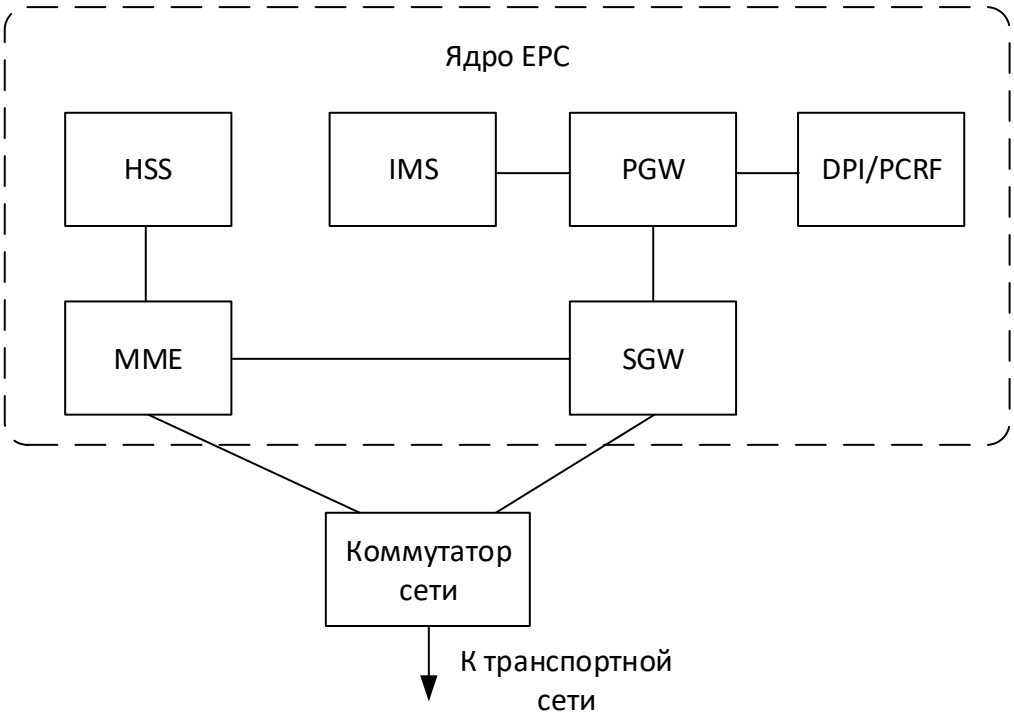


Рисунок 2.4. Структурно-логическая схема ядра сети

Обслуживающий шлюз SGW имеет следующие характеристики:

–поддержка подсистемы радиодоступа МШБД-360 (E-UTRAN);

Авторское право © ЛИС, ООО

−многократные сессии, поддержка нескольких каналов;

−IPv4, IPv6 адресация для пользовательского оборудования ЛАД-АС;

−S5 и S8 интерфейсы для взаимодействия с PGW;

−S1-U для взаимодействия с базовой станцией ЛАД-БС;

−выделенные каналы (EPS) и EPS-каналы по умолчанию;

−управление по SNMP v2/v3;

−запросы ресурсов каналов EPS, инициированные пользовательским оборудованием;

−поддержка передачи сессии абонента (handover) SGW;

−безопасность: IPSEC через общие (pre-shared) секретные ключи по интерфейсам S11, S5/S8;

−операторская настройка поддержки тарификации для домашних и гостевых абонентов в роуминге;

−отслеживание (tracing) системы и абонентов.

MME (Узел управления мобильностью/Mobility Management Entity) - это ключевой модуль управления для подсистемы радиодоступа системы МШБД-360, обрабатывающий сигнализацию между ЛАД-АС и ядром сети. Он управляет установлением, поддержкой и использованием EPS-каналов и соединений, аутентификацией (при взаимодействии с HSS) и безопасностью между пользователем и сетью. MME осуществляет управление мобильностью (отслеживание местоположения ЛАД-АС и передача сессии абонента от одной базовой станции к другой) и профилем подписки и подключением услуг. Он проверяет авторизацию пользовательского устройства и применяет ограничения роуминга ЛАД-АС.

Узел управления мобильностью MME имеет следующие характеристики:

−протоколы сети передачи данных (PDN) IPv4/IPv6;

−установление выделенных каналов (EPS) и (EPS-)каналов по умолчанию;

−несколько сеансов для каждого IMSI (максимум 8 каналов на сеанс);

−шифрование и защита целостности NAS сообщений;

−подключение/отключение ЛАД-АС (инициируется пользовательским оборудованием);

−подключение/отключение от сети передачи данных (PDN) (инициируется пользовательским оборудованием);

−выбор PGW и SGW;

−интерфейс S6a для взаимодействия с HSS;

Авторское право © ЛИС, ООО

−S1-MME для взаимодействия с базовой станцией ЛАД-БС;

−передача сессии абонента от одной базовой станции к другой – через S1, между-SGW, между-MME;

−обновление области слежения - MME/SGW не изменяется, изменяется только SGW, MME & SGW изменяются;

−отключения и отсоединения, инициированные сетью;

−отслеживание (tracing) системы и абонентов;

−правомерный перехват сообщений.

HSS (Сервер абонентских данных/Home Subscriber Server) - это центральная база данных, которая содержит информацию о пользователях и подписках. HSS хранит данные пользователя, информацию для аутентификации абонента и сведения об услугах, разрешенных для пользователя. Она также содержит профиль подписчика, такой как профиль QoS (качество обслуживания), ограничения доступа и возможности роуминга. HSS может включать Центр аутентификации (AuC), который создает "векторы аутентификации" и ключи безопасности.

PGW (Пакетный шлюз/Packet Data Network Gateway) - обеспечивает подключение от пользовательского оборудования ЛАД-АС к внешним сетям пакетной передачи данных, являясь точкой выхода и входа трафика для ЛАД-АС. PGW осуществляет применение "политик" (policy enforcement), фильтрацию пакетов, правомерный перехват сообщений и проверку пакетов.

DPI (Анализатор пакетов/Deep Packet Inspection) - обеспечивает безопасность сети. Основные функции DPI:

- определение карты белых IP-адресов сети, что позволит исключить несанкционированное подключение к сети. Даже если на физическом уровне кто-то сможет подключится, то DPI заблокирует пакеты с паразитного хоста;

- сбор статистики по задержкам на сети (в случае TCP-пакетов), выявление и анализ исключительных ситуаций;

- ограничение разных групп абонентов вплоть до типов используемых сервисов. Запрет сервисов, определенный набор сайтов/хостов, ограничение полосы на каждого абонента;

- развернутая статистика по активности любого хоста сети, время сессий, IP-адреса, причины ограничения если таковые были, задержки, тип сервиса.

PCRF (Узел определения политик и тарификации/Policy and Charging Rules Function) - контролирует качество обслуживания (QoS), доступ и тарификацию. PCRF, обеспечивающий

Авторское право © ЛИС, ООО

тарифную политику, авторизует установление и изменение EPS-каналов и сессий. Один PCRF назначается для всех соединений абонента, он имеет доступ к профилям абонентов, хранимым в базе данных, и обеспечивает авторизацию качества обслуживания QoS, что определяет поток данных и обеспечивает его в соответствии с профилем пользовательской подписки.

IMS (Подсистема передачи мультимедийных сообщений по IP сети/ IP Multimedia Subsystem) – обеспечивает возможность передачи мультимедийного трафика по сети передачи данных с протоколом IP, позволяет взаимодействовать с другими сетями при передаче трафика. IMS поддерживает регистрацию пользователя и оконечного устройства на определенном участке сети. В качестве одного из действий регистрации IMS выполняет аутентификацию и другие действия по обеспечению безопасности. В IMS используется управление на базе протокола SIP.

С целью организации групповых вызовов в состав подсистемы IMS включён модуль поддержки широковещательной связи MCPTT (Mission Critical Push To Talk). Модуль предназначен для организации широковещательной связи в рамках организации технологической сети.

В состав модуля MCPTT входит: MCPTT server, Common service core, MCPTT User Database. Для реализации функций MCPTT на оборудовании пользователя должен быть установлен MCPTT-клиент.

MCPTT server обеспечивает контроль широковещательных и одиночных вызовов, взаимодействует по SIP протоколу с IMS ядра сети.

Common service core обеспечивает аутентификацию и авторизацию абонентов, подключение абонентов к групповым вызовам, управление группами, организацию очередей и приоритезацию вызовов.

MCPTT User Database обеспечивает получение данных, подписку/отписку на нотификацию об изменениях, получение изменений, модификацию данных пользователя.

Состав и назначение программных модулей PROTEI EPC, представлен в таблице:

Авторское право © ЛИС, ООО

№	Наименование	Кол-во	Описание
HLR/HSS			
2	SIGTRAN/M3UA/SCCP/TCAP/MAP SW package	2	Подсистема сигнального взаимодействия SS7 over IP.
3	DIAMETER S6/S6a SW package	1	Подсистема Diameter взаимодействия по интерфейсам 3GPP S6/S6a
3	HLR/HSS SW package	1	Основной пакет программного обеспечения HLR/HSS. HLR_Core, HLR_BS, HLR_DB. HLR_Core–ядро системы, отвечает за основной функционал работы всех программных моделей; HLR_BS–поддерживает взаимодействие с базой данных; HLR_DB–база данных системы;
4	Provisioning support SW package	1	Подсистема конфигурирования HLR для поддержки HLR API(изменение настроек профилей абонентов, конфигурирование абонентов и т.д.).
5	Cluster operation SW package	1	Подсистема резервирования HLR
6	10 TPS license	1	Лицензии на TPS для HLR
DPI+PCRF			
1	Interface subsystem DPI 20 Gbps	1	Подсистема сетевого взаимодействия системы DPI
2	Base logic of DPI 20Gbps subsystem (license for 50.000 on-line subscribers included)	1	Базовая логика подсистемы DPI
3	10000 online subscribers license	0	Лицензии на онлайн абонентов
4	RADIUS interface module	1	Подсистема взаимодействия по Radius. Поддержка Gi интерфейса

Авторское право © ЛИС, ООО

			для связки IP адреса и абонентской сессии
5	Diameter Gy interface module	1	Подсистема поддержки Gx интерфейс. Gx - Diameter интерфейс предназначен для предоставления служебных данных по реализации Flow Based Charging.
6	Diameter Gx interface module	1	Подсистема поддержки Gy интерфейс. Gy - Diameter интерфейс online билинговый интерфейс между GGSN'ом и online системами биллинга – OCS (Online Charging System).
7	DPI WEB-based administration kit including reporting framework	1	Подсистема WEB управления системой
GGSN/PGW			
1	Base logic of GGSN/PGW subsystem (license for 50.000 on-line subscribers included)	1	Базовое ПО узла GGSN/PGW. GGSN/PDN-GW
2	10000 online subscribers license	0	Лицензии на online абонентов
SGW/MME			
1	SGW/MME basic SW package (license for 50.000 on-line subscribers included)	1	Базовое ПО узла SGW/MME. SGW (Serving Gateway –Обслуживающий Шлюз)
2	10000 online subscribers license	0	Лицензии на online абонентов.
IMS-in-a-Box			
1	SIP-T SW package	1	Подсистема поддержки протоколов SIP I/T.

Авторское право © ЛИС, ООО

2	IMS-in-a-Box transit subsystem basic SW package (P-CSCF+I-CSCF)	1	Базовое программное обеспечения узлов IMS: P-CSCF/I-CSCF(Proxy Call Session Control Function (P-CSCF) и Interrogating Call Session Control Function (I-CSCF)).
3	IMS-in-a-Box subscriber serving subsystem (S-CSCF+TAS)	1	Базовое программное обеспечения узлов IMS:Serving Call Session Control Function (S-CSCF)
4	MCU/MRF SW package	1	Подсистема микширования и обработки медиа потоков, а так же подсистемы проигрывания медиаконтента
5	CDR generation and statistics subsystem	1	Программное обеспечения генерации Call Data Record
6	10 CAPS license	1	Лицензии на call atempt per second
7	Cluster operation SW package	1	Подсистема резервирования узлов IMS

Для реализации программных модулей необходима установка следующего серверного оборудования:

- сервер HLR/HSS – реализация функций сервера абонентских данных HSS;

- сервер SGW/MME – реализация функций узла управления мобильностью и (MME) и обслуживающего шлюза (SGW);

- сервер GGSN/PGW – реализация функций пакетного шлюза (PGW) и части функциональности GGSN;

- сервер IMS – для реализации функций подсистемы IMS;

- сервер DPI – для реализации функций узла политики и правил тарификации (PCRF), а также анализа трафика (DPI - Deep Packet Inspection) для сбора статистики и обработки данных.

Модули специального ПО устанавливаются на серверное оборудование, не привязанное к производителю. Требования к серверному оборудованию ядра приведены в таблице.

Авторское право © ЛИС, ООО

Наименование	Спецификация
HLR/HSS Frontend+Backend	2,1 GHz 8C 64Gb 10x600Gb SAS
SGW/MME	2xCPU Intel Xeon Gold 6132 8x16GB DDR4-2666, 1xNIC Intel x710-DA4, 2xHDD 300GB 15k rpm 2xHDD 512GB 15k rpm HW RAID Controller 2xCPU Intel Xeon Silver 4116, 6x16GB DDR4-2666
GGSN/PGW	2xCPU Intel Xeon Gold 6132 8x16GB DDR4-2666, 1xNIC Intel x710-DA4, 2xHDD 300GB 15k rpm 2xHDD 512GB 15k rpm HW RAID Controller 2xCPU Intel Xeon Silver 4116, 6x16GB DDR4-2666
IMS	2,1 GHz 8C 32Gb 4x600Gb SAS
DPI	2xCPU Intel Xeon Gold 6132 8x16GB DDR4-2666, 1xNIC Intel x710-DA4, 2xHDD 300GB 15k rpm 2xHDD 512GB 15k rpm HW RAID Controller
GGSN сервер статистики	2xCPU Intel Xeon Gold 6132 8x16GB DDR4-2666, 1xNIC Intel x710-DA4, 2xHDD 300GB 15k rpm 2xHDD 512GB 15k rpm HW RAID Controller

2.6. Решения по резервированию

Базовая станция МШБД представляет собой аппаратно-программный комплекс, в состав которого входит системное и специальное (программы по реализации телекоммуникационных задач) программное обеспечение. Запуск, начальная инициализация и конфигурация базовой станции составляет несколько минут. Для решения задач АСКУ ДПМ прерывание связи на такое время недопустимо. В целях повышения надёжности системы МШБД целесообразно обеспечить горячее резервирование следующих элементов:

- оборудование базовых станций, включая: модули базовых станций, источники питания и оборудование синхронизации;
- оборудование ядра сети;
- каналы транспортной сети.

Резервирование каждого элемента системы позволяет построить отказоустойчивую схему, показанную на рис. 2.5.

Авторское право © ЛИС, ООО

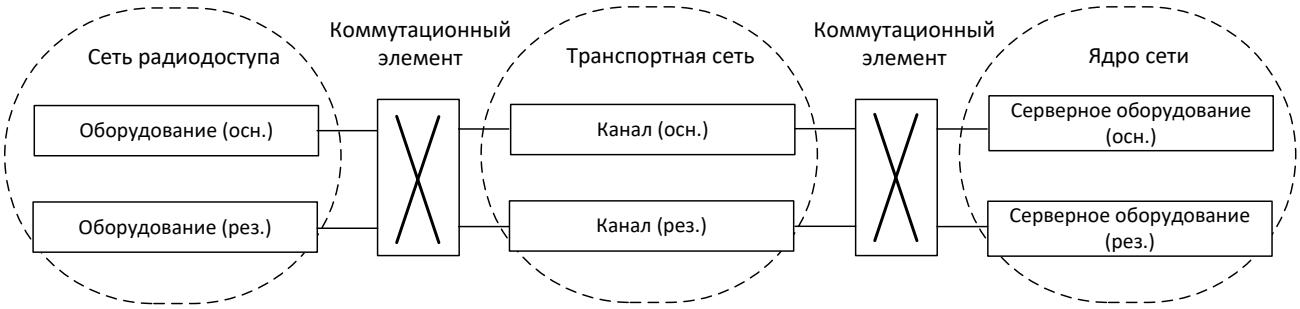


Рисунок 2.5. Схема резервирования системы МШБД

Коммутационный элемент на схеме 2.5 позволяет включать в систему передачи информации основные или резервные элементы в зависимости от их состояния.

2.6.1. Резервирование оборудования базовых станций МШБД

Для повышения надёжности системы МШБД предусмотрено аппаратное резервирование модулей базовых станций по схеме 1+1.

Схема резервирования оборудования показана на рис. 2.6. Резервное соединение модулей базовых станций обеспечивает коммутатор транспортной сети и ВЧ-переключатель. Модуль базовой станции подключён к ВЧ-переключателю информационным кабелем и кабелем управления. По информационному кабелю передаётся высокочастотный сигнал с приёмо-передающего устройства. По кабелю управления передаётся сигнал, характеризующий одно из двух состояний модуля базовой станции: «работа» или «авария».

Авторское право © ЛИС, ООО

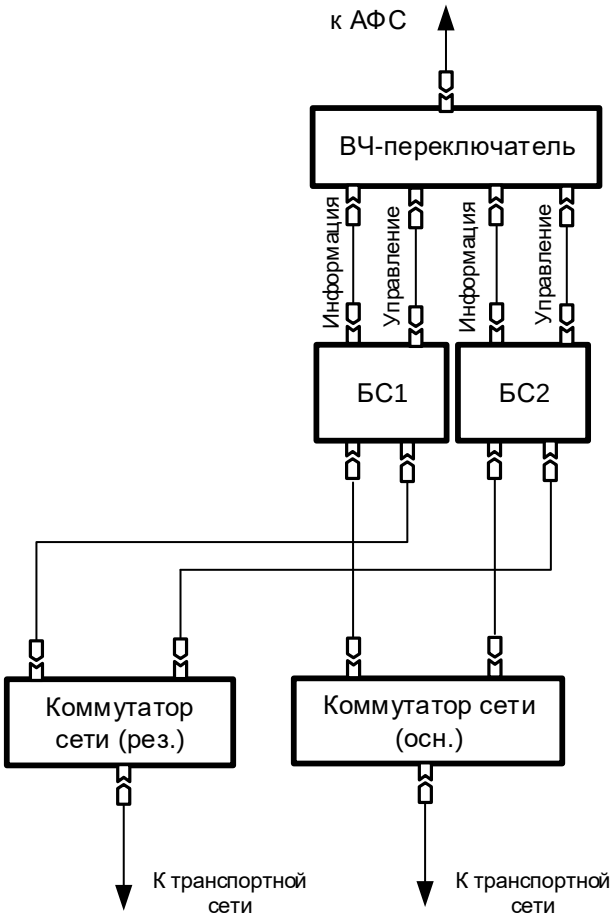


Рисунок 2.6. Схема резервирования оборудования базовой станции МШБД

Порядок функционирования следующий. На входы модулей базовых станций БС1 и БС2 подаётся идентичный информационный поток с выходов коммутатора сети. Оба модуля работают в активном режиме с необходимой мощностью передатчика. На выход ВЧ-переключателя подаётся высокочастотный сигнал только одного модуля, который в этот момент имеет статус основного устройства. Сигнал резервного модуля подаётся на нагрузку. ВЧ-переключатель постоянно контролирует состояние модулей БС по каналу управления. В случае, если основной модуль базовой станции передаёт сигнал «авария», ВЧ-переключатель автоматически подаёт на выход ВЧ-сигнал от резервного модуля базовой станции.

Сигнал «авария» генерируется при наступлении хотя бы одного события:

- сбой программного обеспечения модуля БС;
- неуправляемое изменение параметров сигнала;
- пропадание информационного сигнала с коммутатора сети;
- пропадание сигналов синхронизации («1PPS» и «10МГц»).

Авторское право © ЛИС, ООО

Аварийное состояние базовой станции отслеживается системой мониторинга.

С целью повышения отказоустойчивости ВЧ-переключателя его конструкция предусматривает два встроенных блока питания и цепь обхода схемы коммутации (байпас).

2.6.2. Резервирование оборудования синхронизации

Синхросигналы формируются непосредственно на каждой площадке расположения базовой станции. В целях повышения надёжности используется горячее автоматическое резервирование серверов времени по схеме 1+1 (один – основной, один – резервный). Схема резервирования показана на рис. 2.7.

При этом основной сервер обеспечивает выдачу синхроимпульсов «1PPS» и «10 МГц» на две базовые станции БСх.1, а резервный сервер – на две другие базовые станции БСх.2. Для размножения каждого из синхроимпульсов на два используются распределители синхросигналов типа LBX-S24.

Авторское право © ЛИС, ООО

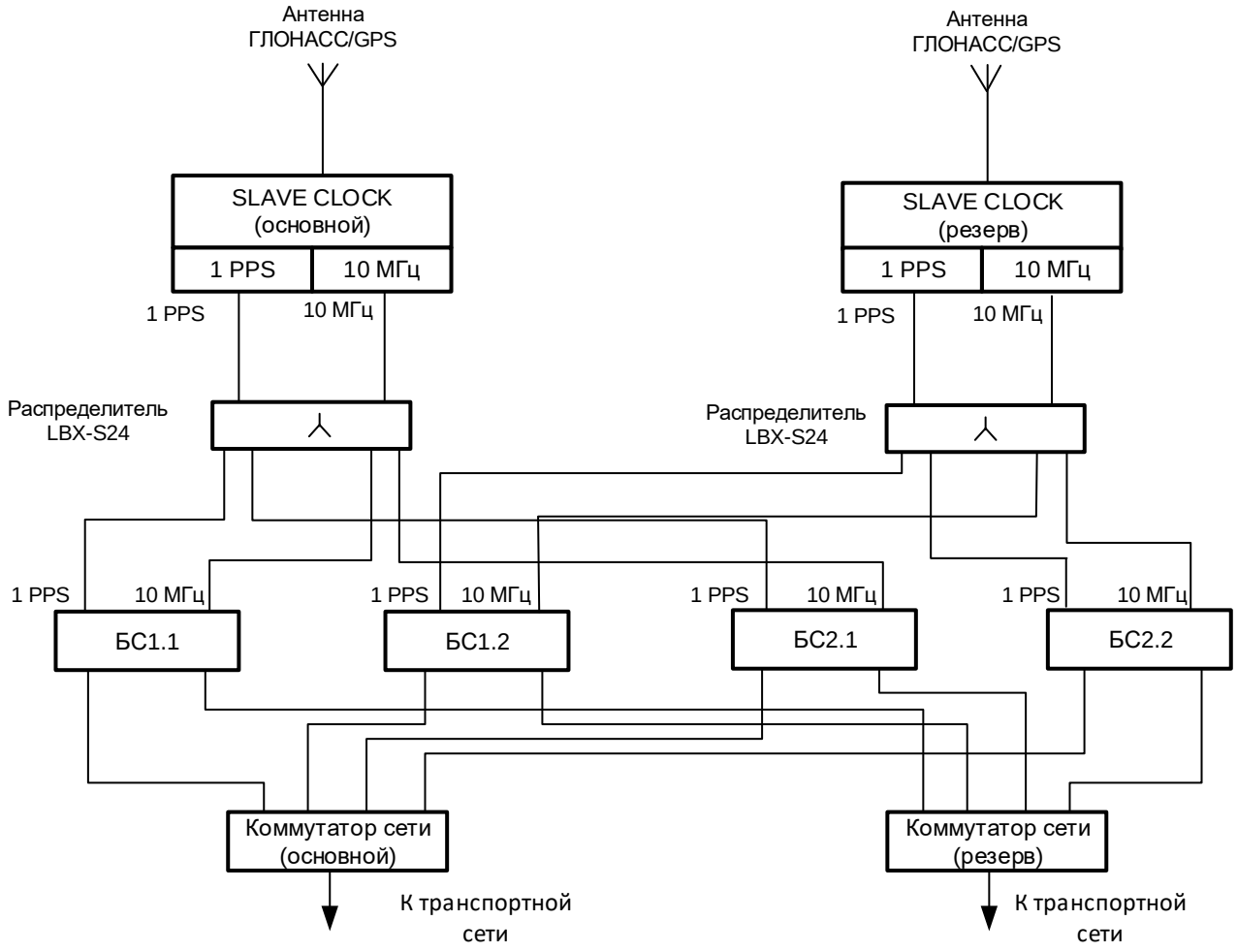


Рисунок 2.7. Схема резервирования системы синхронизации

В том случае, если один из серверов выходит из строя, прекращается подача синхросигналов на смежные блоки базовых станций. Встроенный контроллер базовых станций идентифицирует неисправность и передаёт сигнал на ВЧ-переключатель. Для системы принятия решения ВЧ-переключателя выход из строя сервера синхронизации равносильно выходу из строя смежных с ним блоков базовых станций.

Информация о состоянии сервера точного времени направляется в систему мониторинга по транспортной сети через коммутаторы сети.

3. Описание оборудования

Состав и общие характеристики оборудования, применяемого для построения сети МШБД метрополитена приведены в таблице:

Наименование	Краткие характеристики
Базовая станция ЛАД-БС	360-380 МГц, 1,4/3/5/10/15/20 МГц, 10 Вт, TDD, IP20, 2U при поставке до 20 к-тов
Абонентская станция ЛАД-АС-360-01, возимая	360-380 МГц, 1 Вт, TDD, внешняя антенна 3 дБи, IP54, 50-110 В
Абонентская станция ЛАД-АС-360-2, носимая	360-380 МГц, 0,2 Вт, TDD, IP67, 5 В
ВЧ-переключатель ЛАД-ВЧ-2-2.1	2x1, 100 Вт
Распределитель синхросигнала LBX-S24	Вход: 1PPS, 10МГц. Выход: 2x1PPS, 2x10МГц

3.1. Базовая станция ЛАД-БС

Назначение и функции

Базовые станции ЛАД-БС предназначены для построения системы радиодоступа сети МШБД метрополитена.

Основными функциями ЛАД-БС являются:

- работа в диапазоне частот 360…380 МГц в режиме временного дуплекса (TDD);
- поддержка функциональных возможностей элемента eNodeB/eNB согласно стандартам 3GPP и ETSI;
- обеспечение ЭМС при совместной работе с другими системами радиосвязи на общую распределенную антенно-фидерную систему;
- поддержка различных схем резервирования: 1+0, 1+1;
- возможность подключения к распределенным антенно-фидерным системам (при использовании заказываемых отдельно аксессуаров) для обеспечения покрытий внутри туннелей, на платформах и в вестибюлях станций метрополитена, в депо;
- поддержка интерфейсов S1-MME, S1-U для взаимодействия с оборудованием ядра сети;
- поддержка функции по пересылке сообщений протокола NAS между оборудованием MME и оборудованием ЛАД-АС;

Авторское право © ЛИС, ООО

- использование протоколов IPv4 и IPv6 для обмена данными с оборудованием ядра сети;
- реализация протоколов S1-AP (S1 Application Part) для взаимодействия с оборудованием ядра сети MME и протокола GTP уровня пользователя версии 1 (GTPv1-U) для взаимодействия с оборудованием S-GW.

Функционирование базовых станций ЛАД-БС в метрополитене имеет следующие особенности:

- использование режима SISO (Single Input Single Output);
- использование распределенной антенно-фидерной системы, включающей антенны и излучающий кабель;
- моноблочная конструкция (радиоблок и блок формирования размещены в одном корпусе),
- соответствие требованиям решений ГКРЧ для применения на метрополитенах.

Базовые станции ЛАД-БС поддерживают интерфейсы и протоколы передачи пользовательских данных как напрямую друг другу, так и через оборудование ядра сети.

Классификация

Предусмотрено несколько модификаций базовых станций ЛАД-БС:

- базовая станция большого радиуса действия (макросоты),
- базовая станция малого радиуса действия (малые соты)
- базовая станция в режиме ретранслятора сигналов.

Модельный ряд базовых станций обеспечивает гибкий подход к организации частотно-территориального планирования. В зависимости от нагрузки на сеть имеется возможность строить сеть с различным размером зон: макросоты и малые соты, а также обеспечивать подключение удалённой зоны при помощи ретрансляторов сигналов.

Структурная схема

Обобщённая структурная схема базовой станции ЛАД-БС показана на рис. 3.1. На нём отображены:

ЛАД-РМ – радиомодуль базовой станции;

ЛАД-БФ – блок формирования и обработки;

ИП – источник питания;

Ант – антенна диапазона 360-380 МГц или антенная система.

Авторское право © ЛИС, ООО

Аппаратная часть базовой станции реализована на основе SDR-технологий.

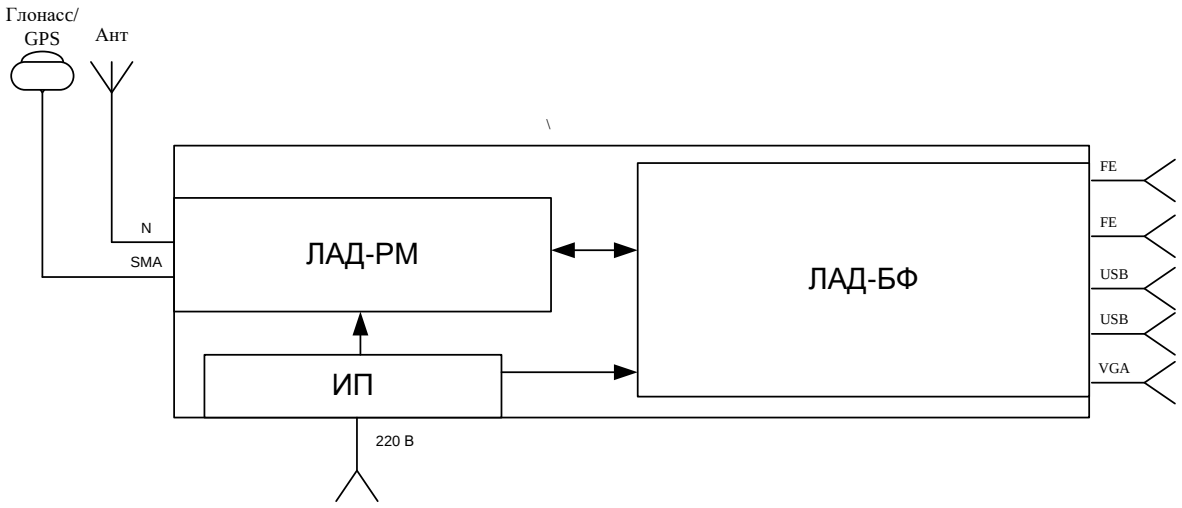


Рисунок 3.1. Структурная схема базовой станции ЛАД-БС

Основные технические характеристики

Технические характеристики ЛАД-БС приведены в таблице:

Характеристика	Описание
Параметры радиоинтерфейса	
Диапазон рабочих частот, МГц	360..380
Радиоинтерфейс	Технология: LTE E-UTRA Стандарты: 3GPP Release 8, 9
Ширина канала, МГц	1,4/3/5/10/15/20
Шаг сетки частот, кГц	100
Метод радиодоступа	Передача: OFDMA Прием: SC-FDMA
Тип дуплекса	Временной (TDD)
Модуляция	QPSK, QAM16, QAM64
Кодирование	Свёрточные турбокоды
Количество приемопередатчиков	1
Мощность передатчика, Вт	10 (стандартная) 40 (повышенная)
Чувствительность приемника, дБм	Минус 103,5
Пропускная способность, Мбит/с	до 50 (направление передачи) до 20 (направление приема)
Максимальное количество активных абонентов	40

Авторское право © ЛИС, ООО

Характеристика	Описание
Массо-габаритные характеристики	
Габариты (Д × Ш × В), мм	552,0 × 482,6 × 88,1
Масса, кг	11,6
Электрические характеристики	
Номинальное значение напряжения питания, В	220
Диапазон допустимых значений напряжения питания, В	От 90 до 264
Потребляемая мощность, Вт:	средняя - 300 максимальная - 435
Интерфейсы подключения антенны	
Тип подключения	Внешняя
Разъёмы	1 типа N, гнездо
Условия эксплуатации	
Диапазон рабочих температур, °С	От плюс 5 до плюс 40
Диапазон температур хранения, °С	От минус 5 до плюс 45
Диапазон температур транспортирования, °С	От минус 40 до плюс 70
Интерфейсы	
Для подключения к транспортной сети	2 x 10/100/1000 Base-Tx
Для подключения внешних устройств	2 x USB 3.0
Для подключения монитора	1 x VGA
Для управления ВЧ-переключателем для организации резервирования	1 x 10/100 Base-Tx
Дополнительно	
Синхронизация	1 PPS, 10 МГц
Степень защиты	IP 20

Внешний вид

Базовые станции ЛАД-БС всех модификаций имеют унифицированный 2U корпус,

Авторское право © ЛИС, ООО

предназначенный для монтажа в стандартные 19" телекоммуникационные шкафы/стойки. Базовые станции и ретрансляторы предусматривают установку в защищенных от климатических воздействий помещениях.

Внешний вид показан на рис. 3.2 и 3.3. Установочный чертёж - на рис. 3.4.

Рисунок 3.2. Базовая станция ЛАД-БС вид спереди

Рисунок 3.3 Базовая станция ЛАД-БС вид сзади

Авторское право © ЛИС, ООО

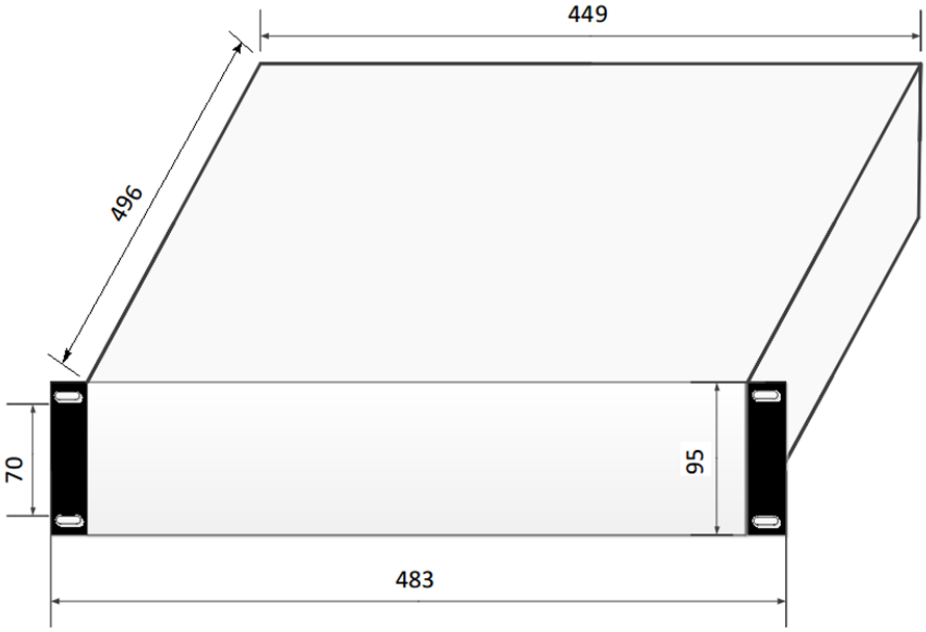


Рисунок 3.4. Установочный чертеж базовой станции ЛАД-БС

Кнопки управления и индикации

Базовые станции ЛАД-БС оснащены кнопкой включения с обозначением ВКЛ, кнопкой сброса до заводских настроек с обозначением СБР и двумя лампочками индикации на лицевой стороне. Значения индикации указаны в таблице:

Индикатор	Состояние	Описание
«Пит»	Горит желтым цветом	Базовая станция находится в выключенном состоянии, но подключена к сети питания
	Горит зеленым цветом	Базовая станция находится во включенном состоянии
	Не горит	Базовая станция находится в выключенном состоянии и не подключена к сети питания
«Реж»	Мигает	Базовая станция находится во включенном состоянии
	Не горит	Базовая станция находится в выключенном состоянии

Схема разъемов ЛАД-БС

Состав и схема расположения разъёмов на задней стороне базовой станции показаны на рис. 3.5.

Авторское право © ЛИС, ООО

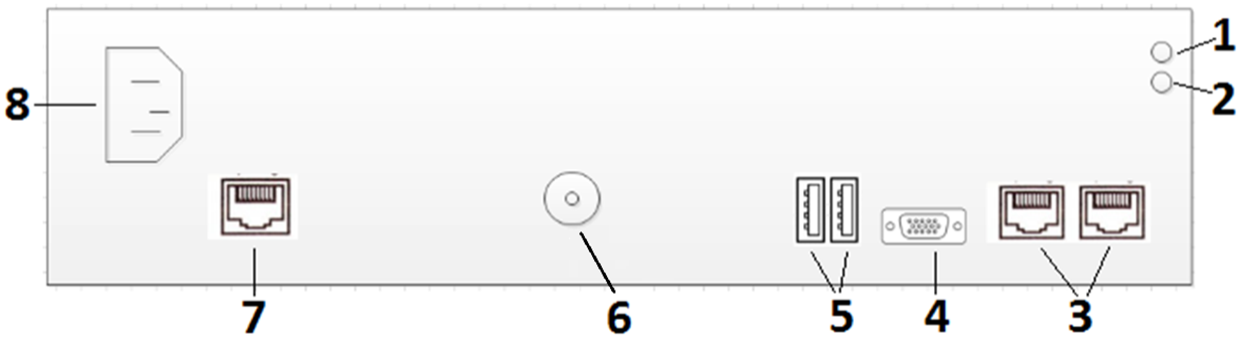


Рисунок 3.5 Схема разъемов базовой станции ЛАД-БС

На рисунке обозначены следующие разъёмы:

1 – разъем для подключения синхросигнала 1 PPS (с обозначением «ГНСС»)

2 – разъем для подключения синхросигнала 10МГц (с обозначением «Синхр»)

3 – разъемы подключения к транспортной сети по интерфейсу Ethernet

4 – VGA разъем

5 – USB разъемы

6 – ВЧ разъем (с обозначением ВЧ 1) для подключения антенны

7 – разъем для управления ВЧ-переключателем по интерфейсу Ethernet

8 – разъем питания С14 220 В.

3.2. Абонентские станции ЛАД-АС

Назначение и функции

Возимая абонентская станция ЛАД-АС-360-01 предназначена для применения в технологических сетях связи диапазона 360 – 380 МГц. Она устанавливается на транспорте (подвижном составе) и обеспечивает:

− голосовую связь машиниста с диспетчером и пассажирами поезда;

− передачу статусных сообщений от машиниста диспетчеру;

− передачу телеметрической информации о параметрах движения поезда;

− передачу информации с видеокамеры, расположенной в кабине и/или салоне поезда.

Абонентская станция ЛАД-АС-360-01 поддерживает функции маршрутизации, передачи, приёма и обработки потоков данных, а также выполняет функции шлюза для подключения периферийного бортового оборудования к серверному оборудованию ядра сети.

Структурная схема

Авторское право © ЛИС, ООО

Структурная схема абонентской станции показана на рисунке 3.6.

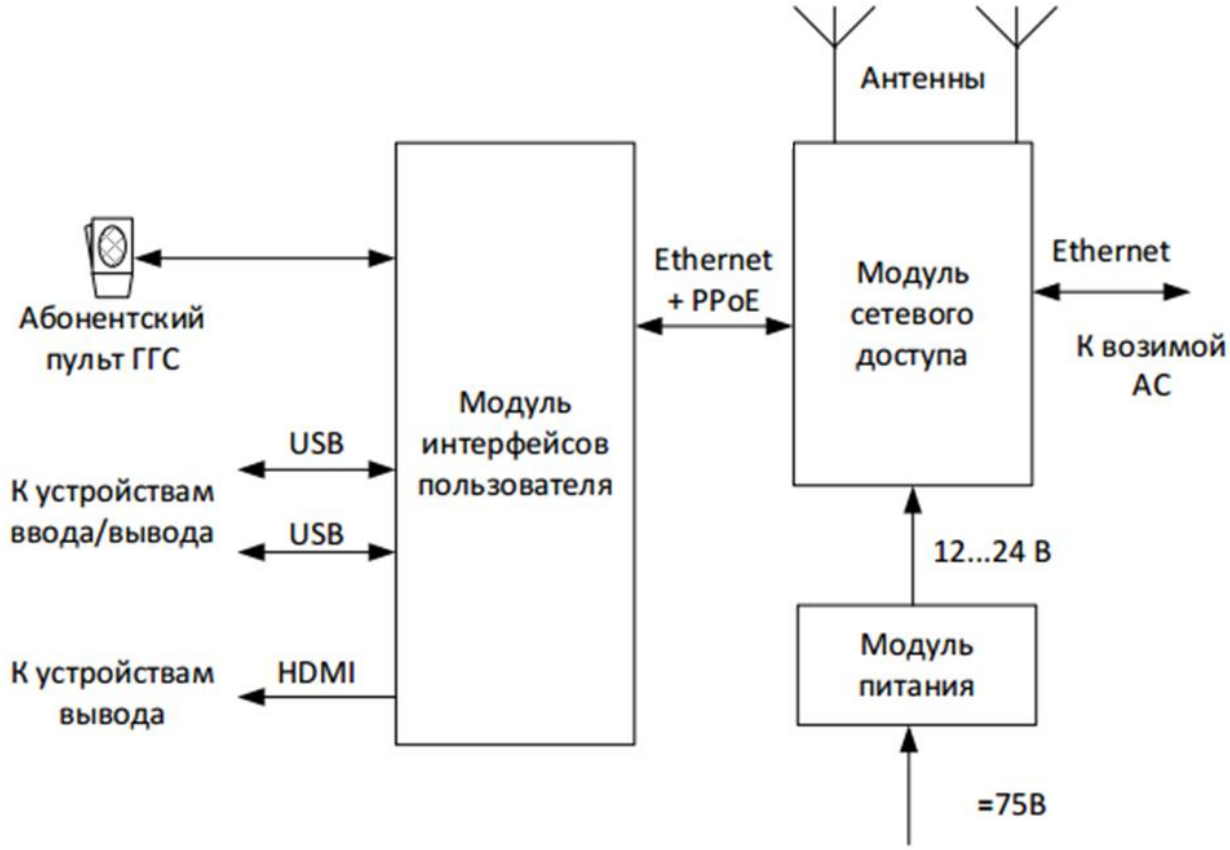


Рисунок 3.6. Структурная схема комплекта абонентской станции ЛАД-АС-360-01

Основные технические характеристики

Технические характеристики оборудования представлены в таблице:

Характеристика	Описание
Диапазон рабочих частот, МГц	360 – 400
Радиоинтерфейс	Технология: LTE Стандарты: 3GPP Release 9 Категория: не менее 4
Полоса частот канала, МГц	1,4/ 3/ 5/ 10/ 15/ 20
Шаг сетки частот для всех полос частот каналов, кГц	100
Максимальная мощность передатчика, дБм	23
Чувствительность приемника, дБм	-101 (QPSK, коэффициент пакетных ошибок не более 10%)
Поддерживаемые виды модуляции	QPSK/QAM16/QAM64(на приеме) QPSK/ QAM16(на передаче)
Метод радиодоступа	OFDMA (на прием)

Авторское право © ЛИС, ООО

Характеристика	Описание
	SC-FDMA (на передачу)
Тип дуплекса	Временной (TDD)
Пропускная способность, Мбит/с	до 50 (базовая станция – АС возимая) до 20 (АС возимая – базовая станция)
Антенна - тип подключения - коэффициент усиления, дБи	 Внешняя не более 3
Антенные разъемы - тип разъемов - количество разъемов	 SMA, гнездо 4
Потребляемая мощность, Вт	Не более 50
Номинальное значение напряжения питания, В	+75 (постоянный ток)
Диапазон рабочих напряжений питания, В	от +48 до +102 (постоянный ток)
Номинальный входной ток, А	от 1,69 до 1,78
Интерфейсы	USB, HDMI, аудио, Ethernet 10/100Base-TX
SIM-карта	Количество: до 2 Тип: SIM/USIM (обяз.) или ISIM (необяз.) Размер: 2FF Размещение: встроенная
Габариты (без учёта выступающих креплений), мм: – МИП (Модуль интерфейсов пользователя) – МСД (Модуль сетевого доступа) – МП (Модуль питания) – Пульт ГГС – Антенна «Шайба-3»	 230x140x46 240x160x53 260x180x115 43x23x12 Ø 99, высота – 43, фидер – 5000
Условия эксплуатации: – Температура, °С – Влажность, %:	 от -10 до +40 75 % при 15°С, 98 % при 25°С
Коэффициент оперативной готовности, не менее	0,9998
Среднее время восстановления, не более	1 часа

Комплектация

Изделие включает следующие модули и устройства:

- модуль сетевого доступа (МСД)
- модуль интерфейсов пользователя (МИП)
- модуль питания (МП)
- пульт громкоговорящей связи (ГГС)
- антенны типа «Шайба-3», 4 штуки

Авторское право © ЛИС, ООО

Внешний вид

Внешний вид оборудования показан на рисунке 3.7, установочные чертежи и схемы разъёмов – на рисунках 3.8-3.10.

Рисунок 3.7. Внешний вид комплекта абонентской станции ЛАД-АС-360-01

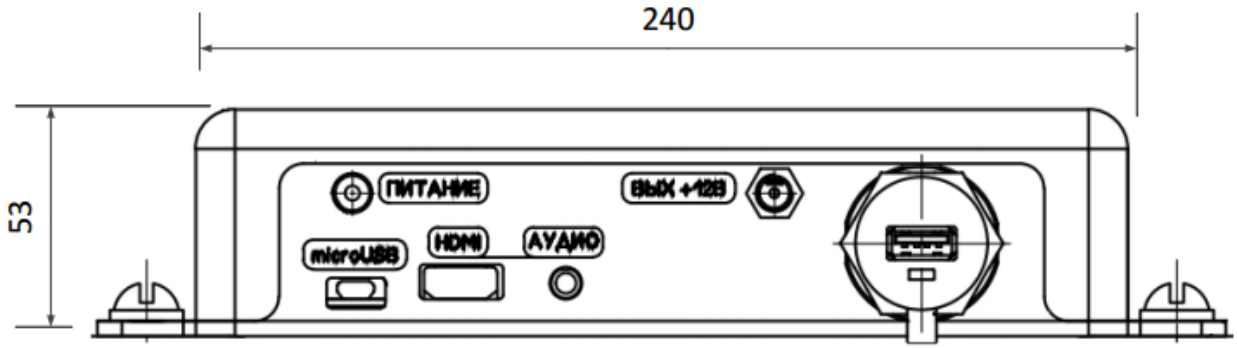


Рисунок 3.8. Схема модуля интерфейсов пользователя абонентской станции ЛАД-АС-360-01

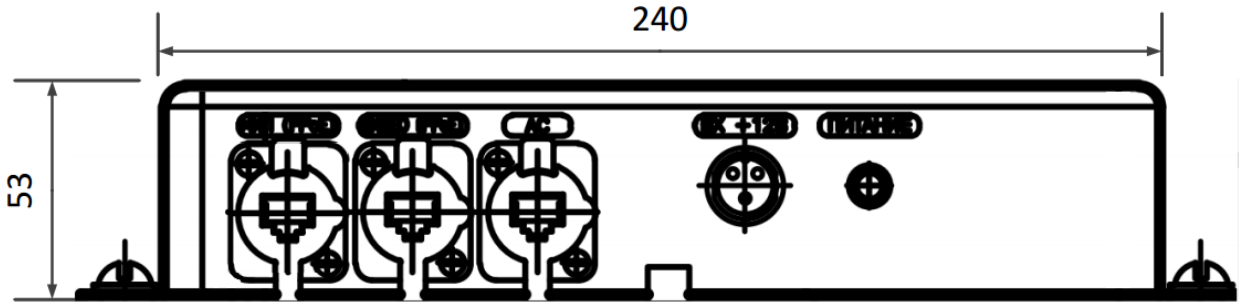


Рисунок 3.9. Схема модуля сетевого доступа абонентской станции ЛАД-АС-360-01

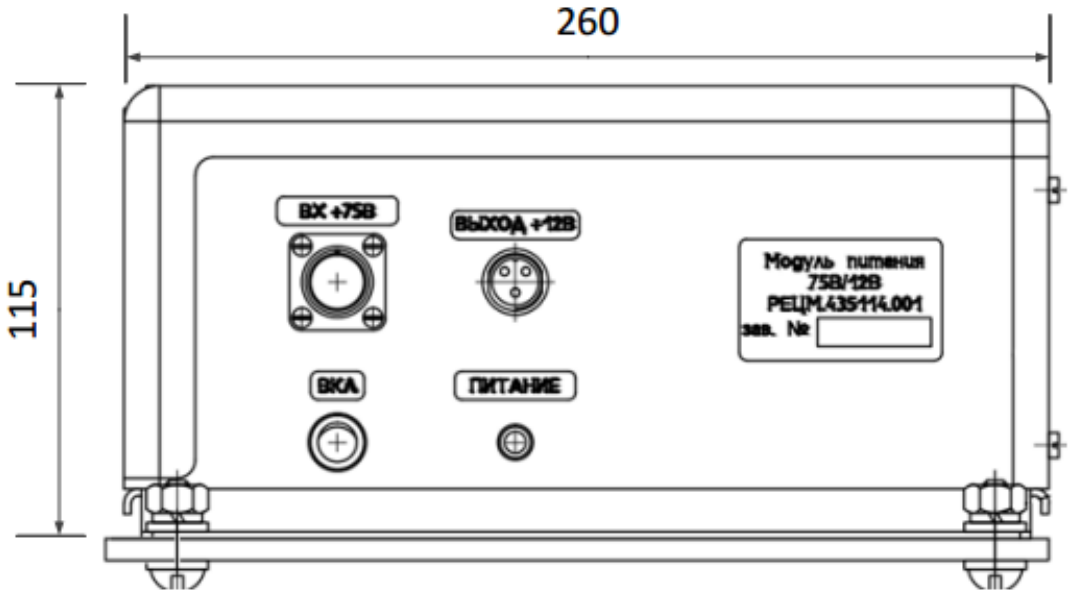


Рисунок 3.10. Схема модуля питания абонентской станции ЛАД-АС-360-01

Рекомендации по применению

Авторское право © ЛИС, ООО

При выборе места установки модулей абонентской станции ЛАД-АС-360-01 для удобства эксплуатации, рекомендуется предусмотреть пространство для обеспечения доступа к кабелям, соединителям и смены модулей. МСД размещается в локомотиве поезда как можно ближе к внешней антенне. Место размещения выбирается с учетом возможного подключения к разъёму Ethernet переносного компьютера. МИП размещается вблизи рабочего места абонента (машиниста), в удобном для использования месте. К МИП подключается абонентский пульт ГГС, который имеет шнур и соединительный разъем для такого подключения. МП размещается вблизи МСД в пределах доступности штатного кабеля питания +12 В. Установка и монтаж антенны производится в соответствии с проектом размещения, в котором предусматривается установка на горизонтальной площадке размером 500x500 мм без «затеняющих» предметов на крыше локомотива. Состав и рекомендуемая схема подключения абонентской станции ЛАД-АС-360-01 показаны на рисунке 3.11.

Авторское право © ЛИС, ООО

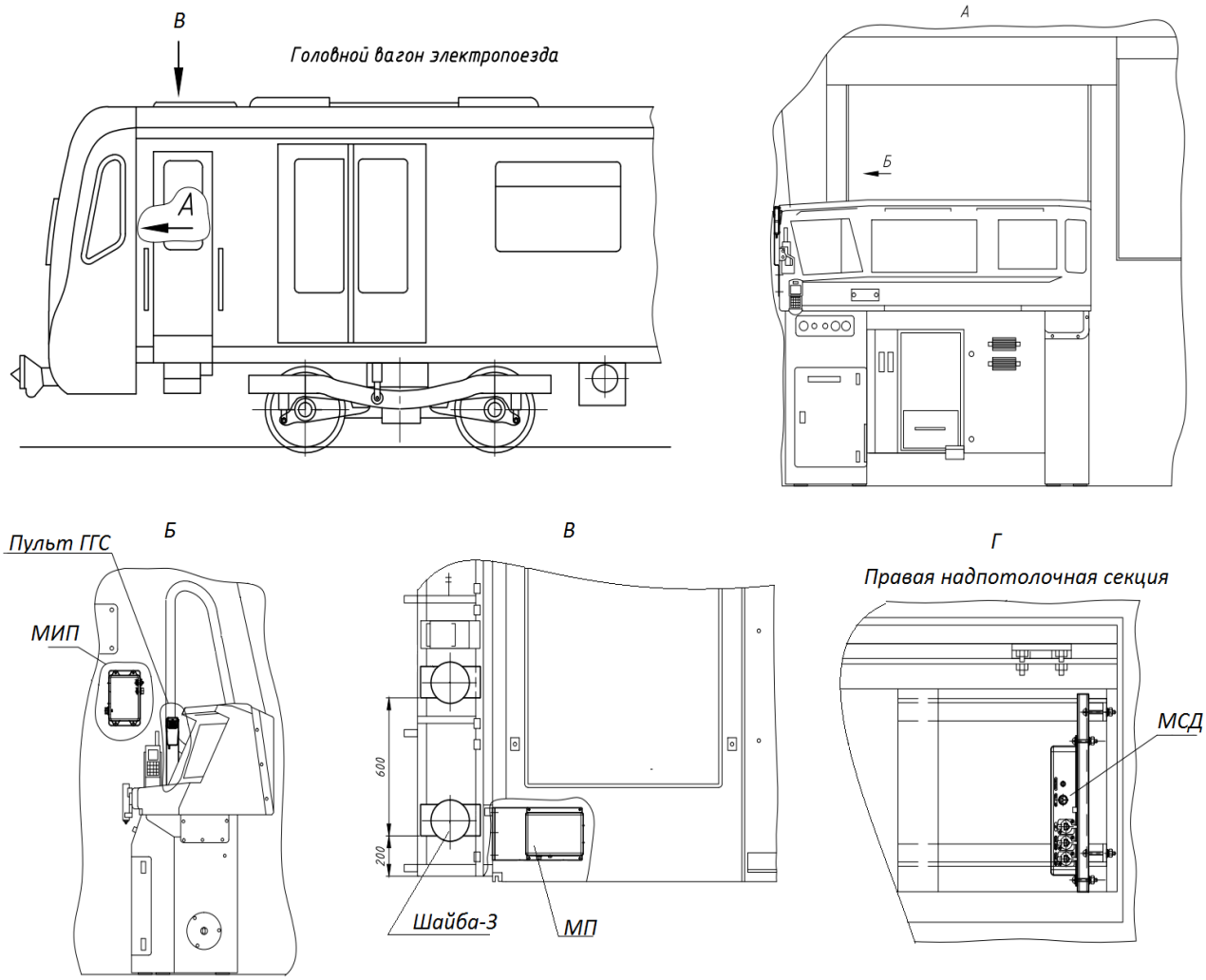


Рисунок 3.11. Схема подключения абонентской станции ЛАД-АС-360-01

Антенны типа «Шайба-3» (рис. 3.12) предназначены для монтажа на любые металлические поверхности поездов и других транспортных средств и в зависимости от варианта исполнения имеют магнитное основание или основание с резьбовой втулкой.

Рисунок 3.12. Внешний вид антенны "Шайба-3"

Авторское право © ЛИС, ООО

3.3. ВЧ-переключатель типа ЛАД-ВЧ-2-2.2

Назначение и порядок функционирования

Высокочастотный переключатель типа ЛАД-ВЧ-2-2.2 предназначен для обеспечения резервирования модулей базовых станций мобильного широкополосного доступа.

Резервирование осуществляется за счёт управляемого переключения одного из двух входов переключателя на один выход.

ВЧ-переключатель позволяет подключить два модуля базовых станций в режиме резервирования 1+1.

Структурная схема

На рисунке 3.13 показана структурная схема ВЧ-переключателя и схема подключения к внешним устройствам.

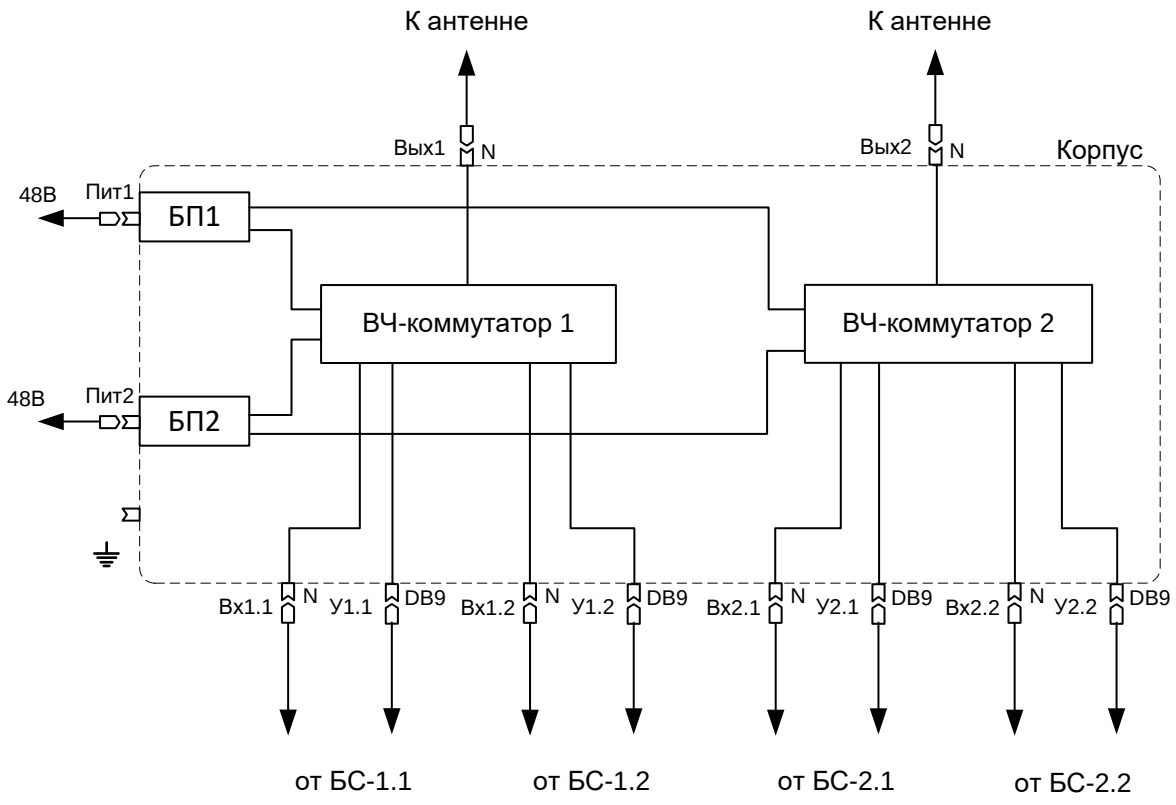


Рисунок 3.13. Структурная схема ВЧ-переключателя

Авторское право © ЛИС, ООО

ВЧ-переключатель содержит два ВЧ-коммутатора, обеспечивающих подключение одного из двух входов "Вх Х.1" или "Вх Х.2" на выход "Вых Х". Выбор входа осуществляется по сигналам управления, которые подаются на разъёмы "У Х.Х" с модулей базовых станций. Вход, который подключён на выход коммутатора, называется активным. Сигналы управления отражают состояние базовой станции, которое может иметь два значения "исправно" и "неисправно".

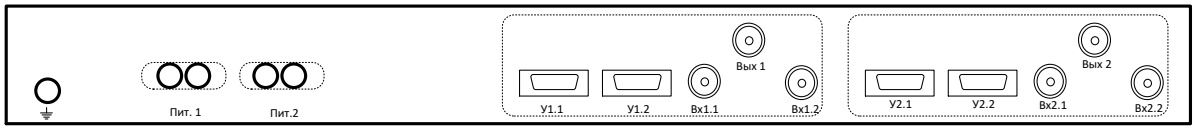
В том случае, если активная базовая станция, сигнал которой подаётся на выход коммутатора, выходит из строя, на соответствующий управляющий вход поступает сигнал "неисправно". После чего на выход коммутатора переключается неактивный вход.

С целью повышения надёжности в ВЧ-коммутаторе применяется два блока питания (БП). В случае выхода из строя блоков питания или прекращения подачи электроэнергии на выход каждого коммутатора подключается первый вход "Вх Х.1".

Внешний вид

Внешний вид ВЧ-переключателя показан на рис. 3.14.

Вид спереди



Вид сзади

Рисунок 3.14. Внешний вид ВЧ-переключателя

Спереди ВЧ-переключателя выведена индикация активного входа:

- "Вх1.1" и "Вх1.2";
- "Вх2.1" и Вх2.2".

На задней части ВЧ-переключателя расположены:

- разъёмы, сгруппированные по коммутаторам:
- "Вх1.1", "Вх1.2", "Вых1", "У1.1", "У1.2";
- "Вх2.1", "Вх2.2", "Вых2", "У2.1", "У2.2";

Авторское право © ЛИС, ООО

- разъёмы для подключения питания "Пит1", "Пит.2";
- разъём заземления.

Основные технические характеристики ВЧ-переключателя

Технические характеристики ВЧ-переключателя приведены в таблице.

Характеристика	Описание
Диапазон рабочих частот, МГц	350 - 400
Количество	4
Количество	2
Тип ВЧ-разъемов	N, гнездо
Максимальная допустимая мощность на ВЧ-входе, дБм	50
Время переключения	≤ 200 мс
Размеры ВхШхГ, мм	45×485×365
Вес, кг (не более)	5
Охлаждение	Пассивное
Напряжение питания	DC 2x48В, 20 Вт
Разъёмы	
ВЧ-входы	4 шт типа N, гнездо
ВЧ-выходы	2 шт типа N, гнездо
Разъём управления	2 шт, типа DB9, гнездо
Питание	2 шт

Комплектация

В состав комплекта ВЧ-переключателя входит:

№ пп	Наименование	Кол-во
1	ВЧ-переключатель типа ЛАД-ВЧ-2-2.2	1
2	Шнур питания IEC 1,5 м	2
3	Кабель управления DB9/DB9, 1,5 м	2
4	Паспорт	1

Авторское право © ЛИС, ООО

3.4. Распределитель синхросигнала LBX-S24

Назначение и функции

Распределитель синхросигналов LBX-S24 предназначен для размножения сигналов синхронизации 1PPS и 10МГц для нескольких модулей базовых станций.

Распределитель синхросигналов LBX-S24 выполняет функции получения сигналов синхронизации 1PPS и 10МГц, хранения шкалы времени и передачи в аппаратно-программные комплексы потребителей (в базовые станции ЛАД-БС).

Структурная схема

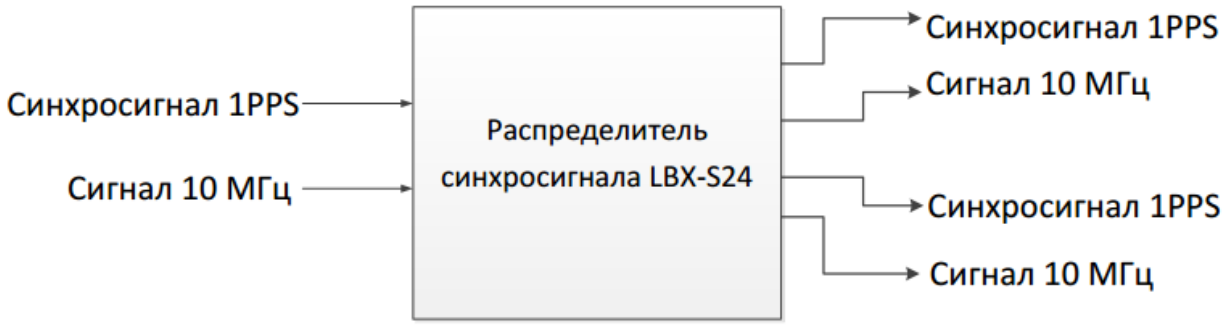


Рисунок 3.15. Структурная схема распределителя синхросигнала LBX-S24

Основные технические характеристики

Технические характеристики оборудования представлены в таблице:

Характеристика	Описание
Входные интерфейсы	1PPS (1Гц), TTL, 50 Ом, SMA 10МГц, TTL, 50 Ом, SMA
Выходные интерфейсы	2 x 1PPS (1Гц), TTL, 50 Ом, SMA 2 x 10МГц, TTL, 50 Ом, SMA
Амплитуда выходного сигнала 1PPS, В, не менее	2,4
Напряжение питания, В	12
Потребляемая мощность, Вт	< 5
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - относительная влажность, %	 от +15 до +30 до 85
Класс защиты	IP 20
Габариты (ВхШхГ)	61x127x134мм

Авторское право © ЛИС, ООО

Характеристика	Описание
Вес	0,4 кг
Крепление	для установки на DIN-рейку

Внешний вид

Внешний вид оборудования показан на рисунке 3.16.

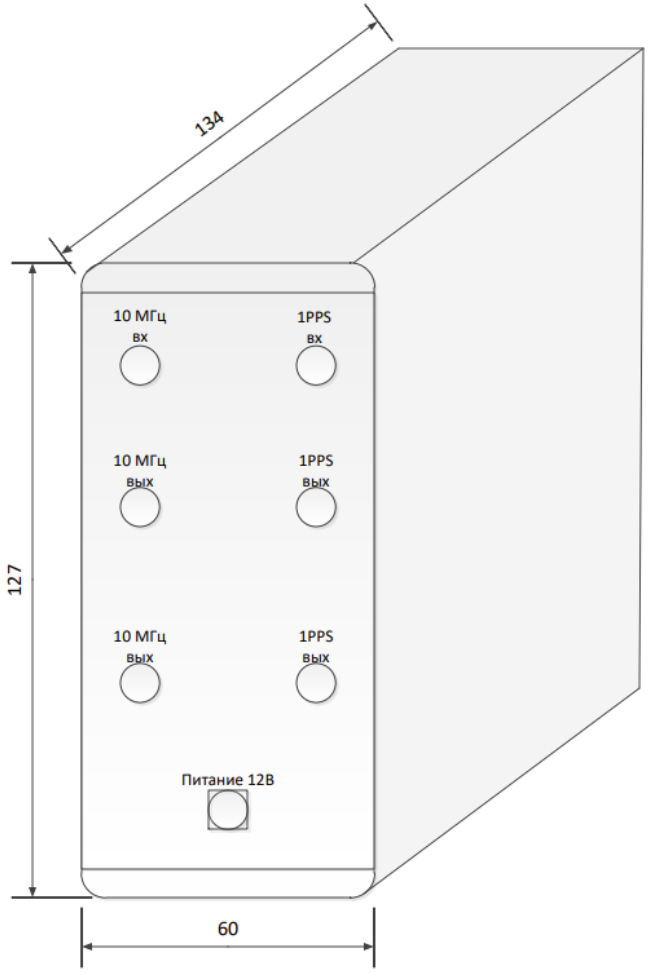


Рисунок 4.16. Установочный чертеж распределителя синхросигнала LBX-S24

Рекомендации по применению

Для подключения распределителя синхросигналов LBX-S24 рекомендуется использовать схему, показанную на рис. 3.17.

Авторское право © ЛИС, ООО

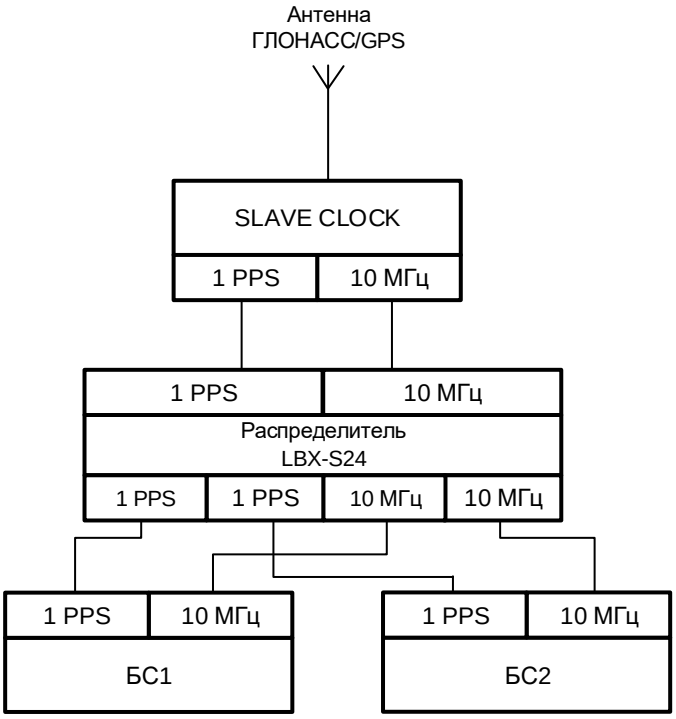


Рисунок 3.17. Схема подключения распределителя синхросигнала LBX-S24

Антенну ГЛОНАСС/GPS необходимо устанавливать на открытом участке, где нет затенения от зданий и сооружений. Для присоединения антенны к серверу времени (Slave Clock) следует использовать коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом и низкими потерями. необходимо принять меры к обеспечению влагозащиты места соединения антенного и кабельного разъемов. Максимальная длина кабеля между антенной и изделием зависит от коэффициента затухания используемого кабеля и не может превышать 50 м для антенны ГЛОНАСС/GPS.

Распределитель целесообразно размещать ближе к базовым станциям. В этом случае для подключения синхросигнала используются короткие коаксиальные шнуры с разъёмом типа SMA.

Авторское право © ЛИС, ООО