

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

**А.Г. ЖУКОВСКИЙ**

Методические указания  
По выполнению практического занятия №1  
по дисциплине

## **СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ**

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи.

Профили «Многоканальные телекоммуникационные системы»,  
«Системы радиосвязи и радиодоступа»

Ростов-на-Дону  
2019

Методические указания  
по выполнению практического занятия №1  
по дисциплине  
«Спутниковые и наземные системы радиосвязи»

Составитель: А.Г. Жуковский, проф. каф. «ИТСС»

Рассмотрено и одобрено  
на заседании кафедры «ИТСС»  
Протокол от «26» августа 2019 г., № 1.

## **Практическое занятие № 1**

### **Изучение технических характеристик радиорелейных станций PASOLINK NEO, PPC MINI-LINK, NOKIA FLEXHOPPER.**

#### **Часть 1**

#### **Цель работы**

Приобретение практических и закрепление теоретических знаний из курса «Спутниковые и наземные системы радиосвязи», ознакомление с радиорелейной станцией *PASOLINKNEO*, изучение ее состава, принципов управления и контроля.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Радиорелейные и другие беспроводные (оптические) системы связи применяются как альтернатива проводным (медным или оптоволоконным) системам там, где прокладка кабеля невозможна или экономически невыгодна и там, где требуется развернуть связь в короткие сроки.

Основными потребителями РРЛ в мире являются зоновые и местные операторы связи. Для зоновых сетей передачи данных используются высокоскоростные радиорелейные линии большой емкости. Малоканальные линии широко используются для организации связи на железнодорожном транспорте, газопроводах, нефтепроводах, линиях электропередачи и т. п.

Радиорелейные линии связи прямой видимости занимают одно из важнейших мест в системах средств передачи информации. Быстрое развитие технологии открывает новые возможности в этой области. Потребность в недорогих, надежных ЦРРЛ с относительно небольшой протяженностью и емкостью стремительно возрастает. Для частот выше 10

ГГц разработано и имеется на рынке большое количество типов аппаратуры как отечественного, так и импортного производства.

Современная радиорелейная аппаратура производится в виде двух составных частей: аппаратуры наружного размещения, включающей в себя выносные приемо-передающие модули и антенну в виде моноблока, и аппаратуры внутреннего размещения. В наружной аппаратуре размещают все элементы, зависящие от диапазона и рабочих частот, а аппаратура внутреннего размещения содержит лишь элементы, определяющие трафик и стыки.

Чтобы обеспечить надежные цифровые линии доступа и полностью использовать потенциал сквозных новых, перспективных сетей, корпорация *NEC* разработала продукт *PASOLINKNEO*, который представляет собой узкополосную цифровую радиорелейную систему, работающую в радиочастотных диапазонах: 6/7/8/11/13/15/ 18/23/26/28/32/ 38/52 ГГц.

### 1.1 Краткие теоретические сведения

Система *PASOLINKNEO* удовлетворяет постоянно возрастающий спрос на услуги цифровой передачи; она удовлетворит потребность в линиях доступа для общественной службы связи, в выделенных каналах, сетях для городских районов, сетях для сельских районов, а также во временных сетях и сетях для чрезвычайных ситуаций - с целью передачи данных и сообщений.

Оборудование *PASOLINK* имеет очень высокие рабочие характеристики и вместе с тем – большую гибкость системы; его легко устанавливать; его надежность проверена в реальных условиях эксплуатации.

Системы состоят из антенн, а также из двух блоков – наружного блока *ODU* (размещаемого вне здания) и комнатного блока *IDU*. Эти блоки соединены коаксиальным кабелем – своим для каждого РЧ канала. Имеются следующие типы конфигурации: незащищенная (1+0) и защищенная (1+1).



Рисунок 2.20 – Антенна и наружный блок *ODU*

Особенности *PASOLINK*:

- 1) легкость и простота монтажа
- 2) быстрая и легкая перестройка частоты
- 3) регулирование мощности передачи
- 4) гибкость системы
- 5) приспособления для технического обслуживания
- 6) рабочие каналы
- 7) высокая эффективность использования частотного спектра
- 8) высокое усиление системы

Коаксиальный кабель соединяет передатчик-приемник (блок *ODU*) и *MPX* (мультиплексер) в блоке *IDU*. По кабелю передаются: сигналы данных ввода-вывода, питание постоянного тока, сигналы тревоги,

питание передатчика; сигналы управления частотой, мощностью передатчика, уровнем принимаемого сигнала, сигналов контроля напряжения питания а также двух сигналов служебной линии. В зависимости от типа кабеля, расстояние между блоками *IDU* – *ODU* может быть более 300 м.

Так как промежуточные частоты передатчика (340 МГц) и приемника (140 МГц) разные, то оказывается достаточно одного коаксиального кабеля; установка тоже упрощается и ускоряется.

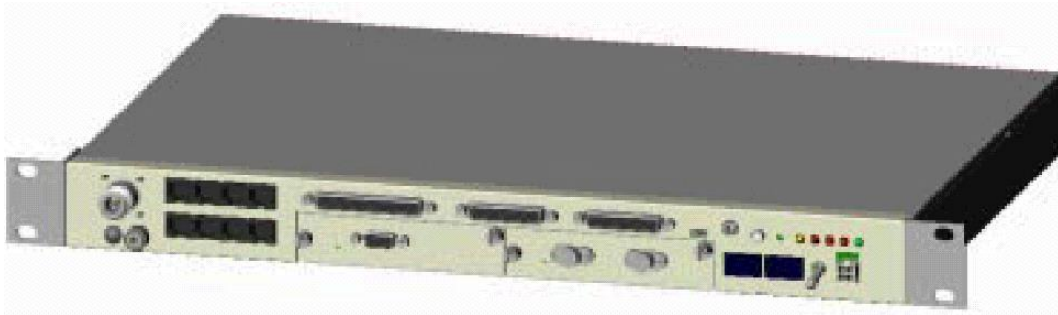


Рисунок 2.21 – Внешний вид внутреннего блока

## 1.2 Практические задания

Ознакомившись с теоретической частью, зарисуйте блок схемы приемо-передатчика (блок *ODU*), комнатного блока (*IDU*) и блок схему незащищенной системы.

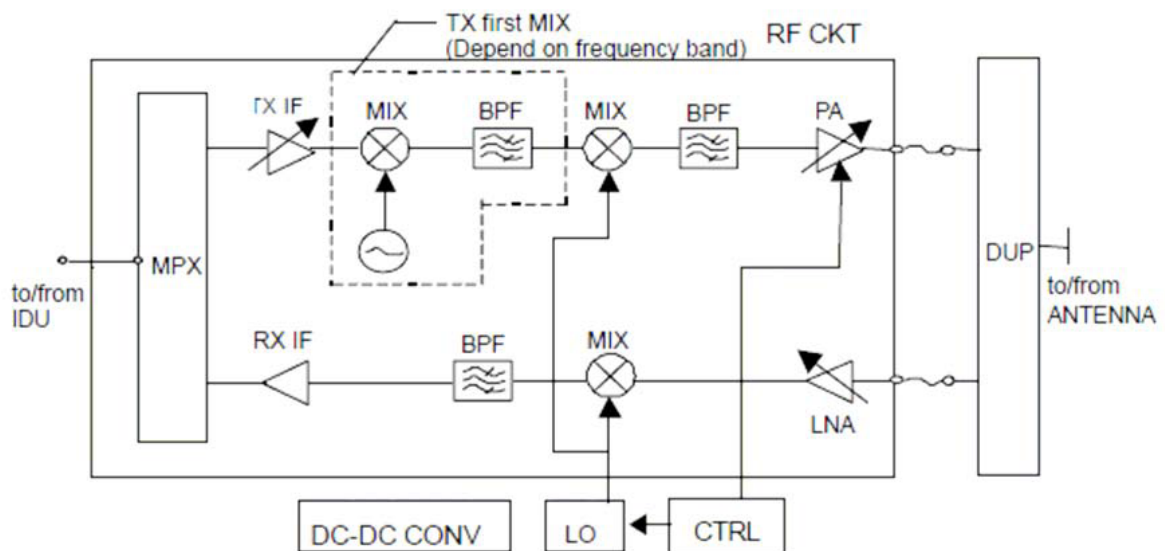


Рисунок 2.22 – Блок-схема наружного блока *ODU* (6 – 52 ГГц)

*BPF* – полосовой фильтр;

*CTRL* – устройство управления;

*IDU* – комнатный блок;

*LO* – гетеродин;

*IF* – промежуточная частота;

*LNA* – малошумящий усилитель;

*MIX* – смеситель;

*MPX* – мультиплексер;

*PA* - импульсный усилитель;

*RX* – приемник;

*TX* – передатчик.

Передатчик-приемник спроектирован так, что он обрабатывает цифровые сигналы 8-155 Мб/с в диапазонах 6 - 52 ГГц. Высокие характеристики системы обеспечиваются с помощью квадратурной фазовой манипуляции (*QPSK*).

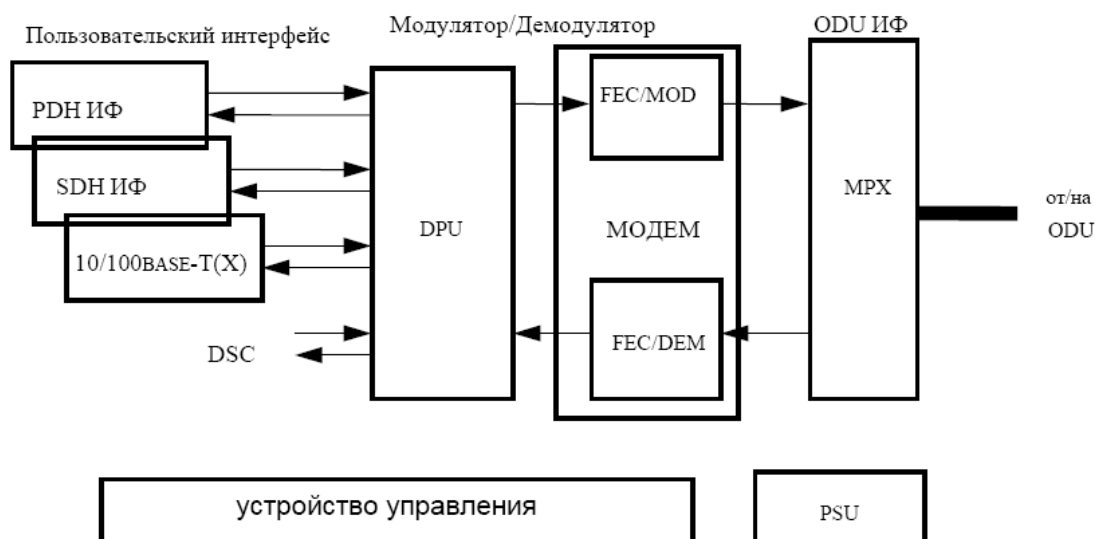


Рисунок 2.23 – Общая блок-схема комнатного блока *IDU*

*DPU* – устройство цифровой обработки;

*DSC* – цифровой сервисный канал;

*FEC/DEM* – упреждающая коррекция ошибок (УКО)/демодуляция;

*FEC/MOD* – УКО/модуляция;

*MPX* – мультиплексер;

*PSU* - блок питания;

10/100 *Base-T(X)* – ЛВС *Ethernet* на кабеле, 10/100 Мб/с.

Комнатный блок имеет 6 функций (*MPX*, *MODEM*, *DPU*, *INTFC*, управление и блок питания). Функция мультиплексера (*MPX*) – это интерфейс к наружному блоку ODU. Функция модулятор/демодулятор (*MODEM*) – это выбор типа модуляции (*QPSK* - квадратурная фазовая манипуляция или 16/32/128*QAM* - квадратурная амплитудная модуляция), причем программным путем. Функция *MODEM* включает также упреждающую коррекцию ошибок (*FEC*). Цифровой сервисный канал (*DSC*) создан по методу вставки битов, а инженерный заказной канал (*EOW*) – с помощью ИКМ кодека.



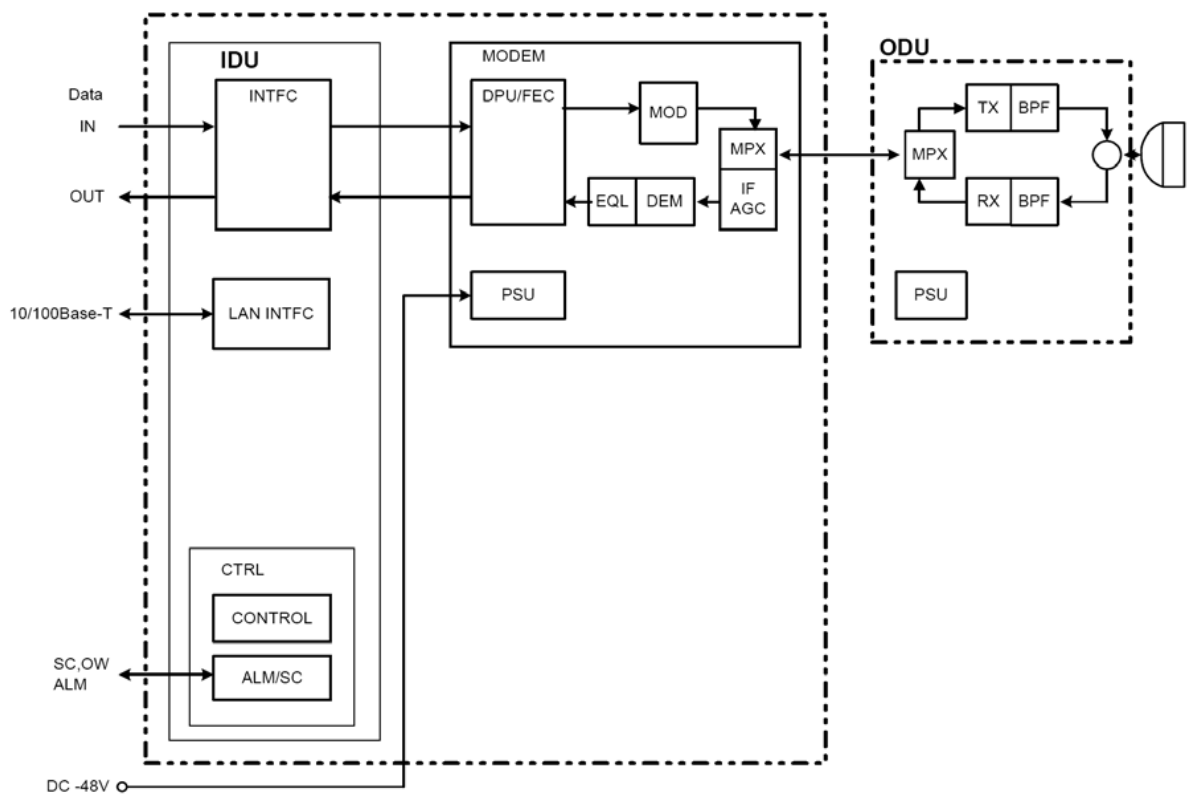


Рисунок 2.24 – Блок-схема незащищенной системы

*AGC* – АРУ;

*ALM/SC* – тревога/сервисный канал;

*BPF* – полосовой фильтр;

*CTRL* –управление;

*EQL* – эквалайзер;

*IN* – вход, *OUT* – выход;

*INTFC*– интерфейс;

*SC/OW*– сервисный канал/заказной канал.

Ознакомьтесь с таблицами 1 и 2, проверьте индикацию светодиодами на передней панели установки. Сделайте выводы.

Таблица 2.1 – Виды ошибок в комплектации оборудования 1+0

| Событие                 | Условия для события  | Индикация тревоги                    |
|-------------------------|--|--------------------------------------|
| <i>LOS</i>              | Потеря входного сигнала (входной сигнал STM-1)                                     | Светодиод на панели модуля           |
| <i>LOF</i>              | Потери синхронизации фрейма (входной сигнал STM-1)                                 | IDU ALM и светодиод на панели модуля |
| <i>INTFC ALM</i>        | Отказ блока интерфейса STM-1, потеря выходного сигнала STM-1                       | IDU ALM и светодиод на панели модуля |
| <i>Высокий BER (RX)</i> | Слишком высокий BER. BER стал хуже заданного значения (от $10^{-3}$ до $10^{-5}$ ) | IDU ALM                              |
| <i>MOD ALM</i>          | Сигнал тревоги от TX, включающий отказ блока, ухудшение выходного сигнала IF       | IDU ALM                              |
| <i>DEM ALM</i>          | Сигнал тревоги от RX, включающий отказ блока, потеря входного сигнала IF           | IDU ALM                              |
| <i>WS ALM</i>           | Отказ блока, потеря входного сигнала WS  | Светодиод IDU ALM на панели модуля   |
| <i>TX PWR ALM</i>       | Снижение мощности передачи ODU   | ODU ALM и светодиод на панели модуля |
| <i>TX IN LEV ALM</i>    | Снижение уровня принимаемого TX сигнала IF   | ODU ALM                              |
| <i>RX IN LEV ALM</i>    | Снижение уровня принимаемого сигнала   | ODU ALM                              |
| <i>APC ALM</i>          | Выход из синхронизации контура APC ODU   | ODU ALM                              |
| <i>MAINT ALM</i>        | Установка LCT в режим MAINT  | MAINT                                |

Таблица 2.2 – Индикация светодиодами на передней панели установки

| Индикация светодиода | Условия                      | Цвет    |
|----------------------|------------------------------|---------|
| <i>MAINT</i>         | При техническом обслуживании | Желтый  |
| <i>ODU ALM</i>       | Отказ блока ODU              | Красный |
| <i>IDU ALM</i>       | Отказ блока IDU              | Красный |
| <i>PWR</i>           | Включено питание             | Зеленый |

### 1.3 Контрольные вопросы

- 1) В чем преимущества и недостатки защищенной конфигурации относительно незащищенной?
- 2) Какие типы сигналов передаются по коаксиальному кабелю между внутренним и внешним блоком?
- 3) Какие элементы входят в состав внешнего и внутреннего блоков?
- 4) В чем заключается принцип модуляции сигнала *QPSK* и *QAM*?
- 5) Дайте определение BER (коэффициент битовых ошибок). Не ниже каких значений BER должен устанавливаться в современных системах связи?
- 6) Объясните понятие интерфейса, укажите его виды.

## Часть 2

### Изучение РРС *MINI-LINK*

#### ВЕДЕНИЕ

Радиорелейные и другие беспроводные (оптические) системы связи применяются как альтернатива проводным (медным или оптоволоконным) системам там, где прокладка кабеля невозможна или экономически невыгодна и там, где требуется развернуть связь в короткие сроки.

Основными потребителями РРЛ в мире являются зоновые и местные операторы связи. Для зоновых сетей передачи данных используются высокоскоростные радиорелейные линии большой емкости. Малоканальные линии широко используются для организации связи на железнодорожном транспорте, газопроводах, нефтепроводах, линиях электропередачи и т. п.

Радиорелейные линии связи прямой видимости занимают одно из важнейших мест в системах средств передачи информации. Быстрое развитие технологии открывает новые возможности в этой области. Потребность в недорогих, надежных ЦРРЛ с относительно небольшой протяженностью и емкостью стремительно возрастает. Для частот выше 10 ГГц разработано и имеется на рынке большое количество типов аппаратуры как отечественного, так и импортного производства.

Современная радиорелейная аппаратура производится в виде двух составных частей: аппаратуры наружного размещения, включающей в себя выносные приемо-передающие модули и антенну в виде моноблока, и аппаратуры внутреннего размещения. В наружной аппаратуре размещают все элементы, зависящие от диапазона и рабочих частот, а аппаратура внутреннего размещения содержит лишь элементы, определяющие трафик и стыки.

*MINI-LINK Eu* и *MINI-LINK E Micro* являются продукцией семейства, предназначенного для средних скоростей передачи трафика.

Микроволновые радиосистемы *MINI-LINK* полностью интегрируются в существующие сети телекоммуникаций, принося в них новые уровни гибкости. Они представляют собой высоконадежные системы связи, вполне конкурентоспособную альтернативу проводной и оптоволоконной кабельной связи.

Эти системы обеспечивают микроволновую передачу точка-точка с пропускной способностью от 2 до 34+2 (17x2) Мбит/св частотных диапазонах от 7 до 38 ГГц.

### **Цель работы**

Приобретение практических и закрепление теоретических знаний из курса «Спутниковые и наземные системы радиосвязи», ознакомление с радиорелейной станцией *MINI-LINK* изучение ее состава, принципов управления и контроля.

#### **2.1 Краткие теоретические сведения**

*MINI-LINK* содержит модуль доступа, расположенный в помещении, и наружный радиоблок с антенной. Терминалы могут быть сконфигурированы для различных типов сетей: в виде звезды, дерева или кольца. Для обеспечения резервирования они могут быть сконфигурированы либо как системы 1+1, либо в виде кольца.

*MINI-LINK E Micro* является компактным полностью наружным терминалом, обеспечивающим минимальную общую стоимость.

Мобильные сети связи в настоящее время являются наиболее обычной сферой использования *MINI-LINK E* и *E Micro*, где они развертываются в сетях радиосвязи с невысокой производительностью.

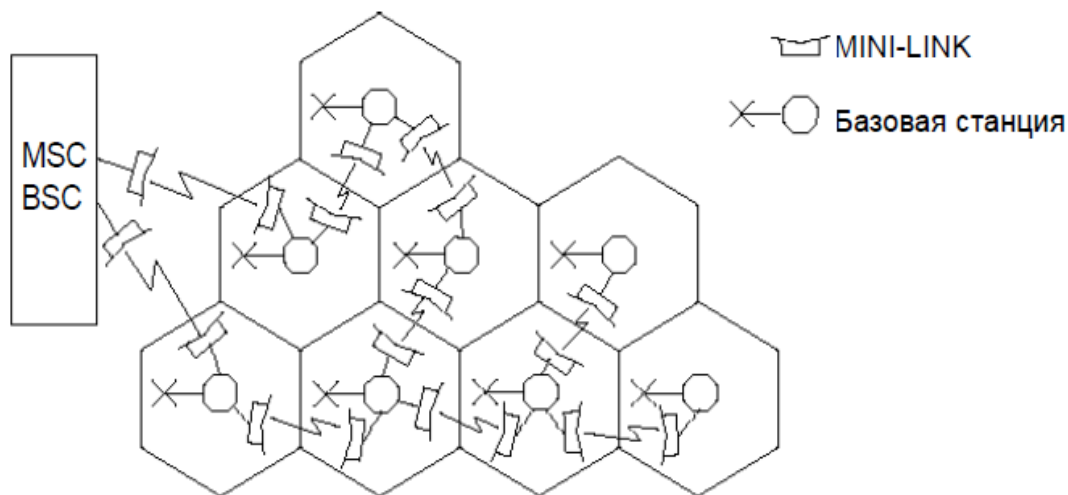


Рисунок 2.25 – Пример мобильной сети, в которой аппаратура *MINI-LINK*

осуществляет связь базовых станций с центрами коммутации

Особенности *MINI-LINK E*.

- высокая компактность и унифицированность конструкций;
- программные средства, упрощающие процесс установки;
- стандартизованные интерфейсы;
- малый вес и низкое энергопотребление. Внутренний модуль - самый маленький из существующих на рынке.
- максимальное время наработки на отказ - 20-30 лет, в зависимости от конфигурации.
- низкая стоимость решения в целом.

Несколько терминалов *MINI-LINK E* могут быть интегрированы в один общий модуль доступа. Каждый терминал обеспечивает скорость трафика до  $17 \times 2 (34+2)$  Мбит/с.

Наружная часть полностью независима от скорости трафика и поставляется для различных частотных диапазонов. Она состоит из антенного модуля и радиоблока.

Часть, устанавливаемая внутри помещения - модуль доступа, полностью независима от частотного диапазона и поставляется в

различных версиях для разных скоростей трафика и конфигураций систем. Модуль доступа может обслужить до четырех радиомодулей.

Внутренняя часть оборудования содержит блок модема (*MMU*) и устанавливаемых при необходимости блока ключей/мультиплексоров (*SMU*) и блока служебных каналов (*SAU*), все эти блоки размещаются в одном общем магазине модуля доступа. Для резервируемых систем используются два *MMU* и один *SMU*.

При горячем резервировании работает один передатчик, а второй находится в резерве (он не передает сигнала, но находится в состоянии постоянной готовности к передаче и включается при сбое в работе активного передатчика). Оба радиоприемника принимают сигналы.

*MMU* выбирает наилучший сигнал в зависимости от приоритета неисправностей, подает его сначала на *SMU* для демультимплексирования, а затем к внешнему оборудованию.

Связь наружной части (радиоблока и антенны) с находящейся внутри помещения частью терминала, осуществляется единственным коаксиальным кабелем, по которому передаются полный дуплексный трафик, трафик поддержки, оперативные и эксплуатационные данные, а также подводится постоянное напряжение питания.

В магазин модуля доступа может быть также добавлен блок служебных каналов, что обеспечивает дополнительные интерфейсы для управления и аварийной сигнализации, служебных каналов и других потребностей.

Все блоки *MINI-LINK* имеют встроенную систему Контроля и Управления (*CSS*), которая непрерывно проверяет качество передачи и статус неисправностей. Соответствующая информация доступна через канал контроля, который охватывает всю сеть *MINI-LINK*.

Связь с CSS может быть выполнена с помощью ПК, имеющего соответствующее программное обеспечение.

## 2.2 Практические задания

Ознакомившись с теоретической частью, зарисуйте структуру фрейма канала радиосвязи и блок схему радиоблока.

Шифровка и кодировка упреждающей коррекции ошибок (*FEC*). Синхронный шифровщик имеет объем  $2^{17}-1$  бит и синхронизируется каждым восьмым фреймом. Биты *FEC* вычисляются с помощью схемы перестановок и включаются в позиции, которые определяются форматом фрейма. Составной поток данных представляется фреймом длительностью 125 мкс, который включает все описанные выше типы данных. На приведенном ниже рисунке показана структура канала радиофрейма для 2x2 Мбит/с.

|                      |     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |
|----------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| <b>Формат фрейма</b> | FAS | T1<br>+ | T1<br>+ | T2<br>+ | S1<br>+ | T1<br>+ | T1<br>+ | T2<br>+ | T2<br>+ | T1<br>+ | T1<br>+ | T2<br>+ | FEC<br>+ |
|                      |     | T2      | K1      | T1      | T2      | T2      | K2      | T1      | S2      | T2      | K1      | T1      | T2       |
| <b>Кол-во бит</b>    | 12  | 10      | 2       | 10      | 2       | 8       | 2       | 10      | 2       | 10      | 2       | 10      | 2        |

|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |          |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| T1<br>+ | T2<br>+ | T2<br>+ | T1<br>+ | T1<br>+ | T2<br>+ | C1<br>+ | T1<br>+ | T1<br>+ | T2<br>+ | SC1<br>+ | T1<br>+ | T1<br>+ | T2<br>+ | S2<br>+ | T1<br>+ | FEC<br>+ |
| CHK     | T1      | S2      | T2      | FEC     | T1      | T2      | T2      | S1      | T1      | T2       | T2      | SC1     | T1      | T2      | T2      | C2       |
| 2       | 2       | 2       | 22      | 2       | 16      | 2       | 2       | 2       | 4       | 2        | 2       | 2       | 12      | 2       | 20      | 2        |

Рисунок 2.26 – Структура фрейма канала радиосвязи для 2x2 Мбит/с

Длительность фрейма 125 мкс

T1 = Данные 1-го канала трафика T2 = Данные 2-го канала трафика

K1 = Контроль заполненности канала T1

K2 = Контроль заполненности канала T2

S1 = Не используется

S2 = Не используется



$SC1$  = Не используется

$C1 = HCC1$   $C2 = HCC2$

$CHK$  = Контрольные биты

$FAS$  = Сигнал установки фрейма

$FEC$  = Упреждающая коррекция ошибок

Составной поток данных, обработанных мультиплексором радиофрейма, далее модулируется с использованием C-QPSK (квадратурная фазовая модуляция с постоянной коррекцией огибающей спектра). Импульс преобразуется из постоянного тока в переменный, после чего, с помощью фильтра Найквиста, импульсу придается форма, обеспечивающая оптимальный спектр передаваемого сигнала.

Модулятор содержит управляемый напряжением генератор, генерирующий сигнал с частотой 350 МГц. Он смешивается с сигналом частотой 490 МГц, выделенный сигнал с частотой 140 МГц используется для целей контроля.

На получающей стороне поступающий составной поток данных демультиплексируется и  $FEC$  (упреждающая коррекция ошибок) корректируется. Функция выравнивания фрейма ищет образцы битов выравнивания фрейма, которые есть в получаемом потоке данных и, соответственно, подстраивает приемник.

$FEC$  выполняется с использованием битов четности  $FEC$  и результатов измерения качества передачи данных, поступающих от демодулятора. Дешифратор псевдослучайных последовательностей восстанавливает первоначальное состояние сигнала, позволяющее демультиплексору правильно распределять полученную информацию по соответствующим каналам.

Демультиплексирование выполняется согласно хранящемуся в памяти формату фрейма. Демультиплексор генерирует сигнал сбоя фрейма в том случае, если нарушена его синхронизация. Число ошибочных битов в

потоке данных трафика измеряется с использованием битов четности. Они используются для определения уровня битовых ошибок (BER) и проверки качества функционирования. Биты контроля заполненности обрабатываются для каналов трафика и служебных каналов.

#### Переключение передатчика

Выбор передатчика осуществляется только в системах горячего резервирования. Выбор основывается на информации о неисправностях, поступающих из секции передатчика радиоблока или от *MMU*. Выбор также может быть сделан вручную с лицевой панели *MMU* или с помощью ПК. Сигнал о неисправности с высоким приоритетом аннулирует действие сигнала о неисправности с более низким приоритетом. Передачу сигнала осуществляет радиоблок, который имеет неисправность с более низким приоритетом.

Таблица 2.3 – Приоритетность переключений передатчика

| Критерии переключения передатчика                   | Неисправность   | Приоритет |
|---|---|-----------|
| <b>Переключения из-за неисправности аппаратуры:</b> |   |           |
| Ручное переключение                                 |   | 1         |
| MMU отсутствует                                     | NCC Ra  | 2         |
| Сбой CSS  | MMU Proc. Hardware (Неиспр. процессора)<br>Proc. Software (Сбой ПО процессора)<br>EEPROM<br>RAU Proc. Hardware (Неиспр. процессора)<br>Proc. Software (Сбой ПО процессора)<br>EEPROM<br>RCC | 3         |
| Неиспр. передатчика с высоким приоритетом           | RCC & Radio Frame (RCC и радиофрейм)<br>Mod Index (Глубина модуляции)<br>TX IF Input (Сигнал ПЧ на входе передатчика)<br>RF Output Level (Уровень вых. ВЧ мощности)                         | 4         |
| Неиспр. передатчика с низким приоритетом            | Input BB1, BB2 <sup>(1)</sup> (Вход BB1, BB2)<br>Input E1:1-4 (MMU) (Вход E1:1-4)   | 5         |

Информация о неисправностях передающей стороны собирается процессором Системы Управления и Контроля каждого *MMU* и пересылается в логическое устройство управления переключениями в *SMU*. Итоговый сигнал посылается на радиоблок (*RAU*) для управления режимом работы передатчика (включено/выключено).

Радиоблок *RAU* состоит из корпуса, рамы, соединительного блока, микроволнового блока и фильтра. Соединительный блок выполняет функции нижней части корпуса радиоблока, на нем расположены индикаторы неисправностей (светодиоды) и разъемы для трафика, заземления, источника постоянного напряжения, юстировки антенны и системы управления и эксплуатации. Соединительный блок оборудован защитой от разрядов молнии.

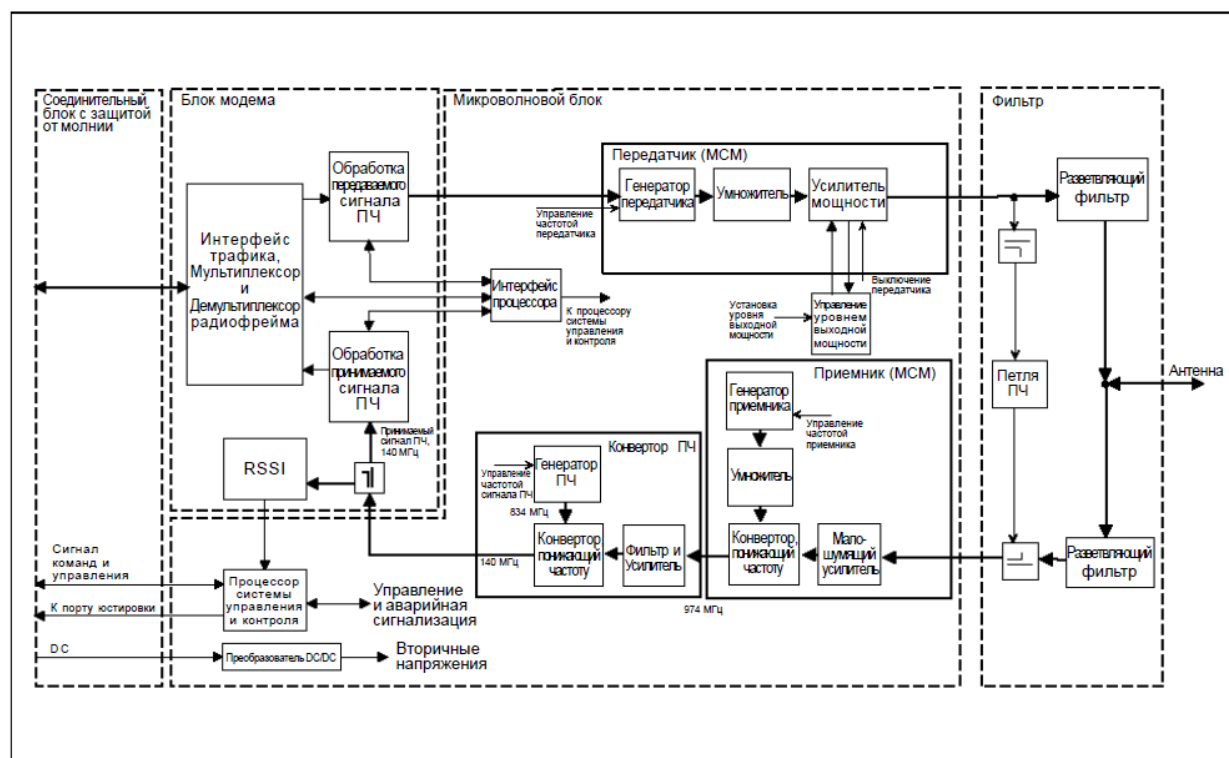


Рисунок 2.27 – Блок-схема *RAU*

## **2.3 Контрольные вопросы**

- 1) Какие типы сигналов передаются по коаксиальному кабелю между внутренним и внешним блоком?
- 2) Объясните структуру фрейма канала радиосвязи.
- 3) Объясните принцип переключения передатчика.
- 4) В чем заключается принцип модуляции C-QPSK (квадратурная фазовая модуляция с постоянной коррекцией огибающей спектра).
- 5) Каково назначение блока служебных каналов?

## Часть 3

### 3 Изучение РРС *NOKIA FLEXIHOPPER*

#### ВВЕДЕНИЕ

Радиорелейные и другие беспроводные (оптические) системы связи применяются как альтернатива проводным (медным или оптоволоконным) системам там, где прокладка кабеля невозможна или экономически невыгодна и там, где требуется развернуть связь в короткие сроки.

Основными потребителями РРЛ в мире являются зоновые и местные операторы связи. Для зоновых сетей передачи данных используются высокоскоростные радиорелейные линии большой емкости. Малоканальные линии широко используются для организации связи на железнодорожном транспорте, газопроводах, нефтепроводах, линиях электропередачи и т. п.

Радиорелейные линии связи прямой видимости занимают одно из важнейших мест в системах средств передачи информации. Быстрое развитие технологии открывает новые возможности в этой области. Потребность в недорогих, надежных ЦРРЛ с относительно небольшой протяженностью и емкостью стремительно возрастает. Для частот выше 10 ГГц разработано и имеется на рынке большое количество типов аппаратуры как отечественного, так и импортного производства.

Современная радиорелейная аппаратура производится в виде двух составных частей: аппаратуры наружного размещения, включающей в себя выносные приемо-передающие модули и антенну в виде моноблока, и аппаратуры внутреннего размещения. В наружной аппаратуре размещают все элементы, зависящие от диапазона и рабочих частот, а аппаратура внутреннего размещения содержит лишь элементы, определяющие трафик и стыки.

Цифровое радиорелейное оборудование *Nokia FlexiHopper* - это оперативная установка линии связи, которая позволяет быстрого и легкого организовать каналы связи, при этом существенно сокращая затраты в период развертывания сети. Опираясь в 7, 13, 15, 23, 26 и 38 Гц диапазонах частот, цифровые радиорелейные системы *Nokia* применяются для организации междоместных соединений, организации магистральных линий связи, как при построении, так и при расширении инфраструктуры в сотовых сетях любых стандартов (*GSM*, *NMT450*, *CDMA*, *WCDMA*), транкинговых сетях любых стандартов (*MPT-1327*, *TETRA*, *ARCO-25*), а также для построения корпоративных сетей связи и передачи данных в городах, от отдельных участков до больших территорий.

### **Цель работы**

Приобретение практических и закрепление теоретических знаний из курса «Спутниковые и наземные системы радиосвязи», ознакомление с радиорелейной станцией *Nokia FlexiHopper* изучение ее состава, принципов управления и контроля.

#### **3.1 Краткие теоретические сведения**

В городских условиях радиорелейное оборудование *Nokia FlexiHopper* используется в основном на макросотовых станциях. Оно поддерживает все стандартные топологии сети: цепочечную, звездообразную и кольцевую. Методы дублирования оборудования и тракта распространения могут быть реализованы для двухточечных соединений.

В сельских районах, в которых требуемая емкость может быть невелика, особое внимание уделяется на постройку сети с минимальными затратами. Для того чтобы уменьшать количество станций, операторы заинтересованы в создании зон уверенного радиоприема путем увеличения

радиуса действия сот или путем уделения особого внимания на организацию покрытия в местностях вдоль транспортных путей. Радиорелейные станции Nokia FlexiHopper 13 и 15 ГГц могут использоваться в сельских районах, где требуются участки радиорелейной линии большей протяженности.

*NOKIA FLEXIHOPPER* состоит из наружного радиоблока и блока для установки внутри помещений. В передатчике используется модуляция П/4-*DQPSK* (дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция), обладающая преимуществами узкого спектра и высокой эффективности выходной мощности.

Двунаправленный кабель *Flexbus* соединяет все системные элементы между собой. Кабель *Flexbus* передает управляющие данные между элементами узла, от комнатного блока к наружному блоку, а также от одного комнатного блока к другому. По кабелю *Flexbus* подается также питание к наружному блоку.

Особенности *NOKIA FLEXIHOPPER*:

- один внутренний блок может поддерживать несколько радиоблоков;
- быстрая и простая установка за счет небольшого веса и компактных размеров;
- срок наработки на отказ - 290 000 часов;
- универсальная платформа для всех диапазонов частот;
- мощность, потребляемая обычной комбинацией из комнатного и наружного блоков, равна 35 Вт;
- удобная в эксплуатации система программного управления;
- для повышения качества сигнала в радиорелейном оборудовании *NokiaFlexiHopper* используются функции прямого исправления ошибок (*EEC*). В нем используется кодирование Рида-Соломона (*RS*) - код для прямого исправления ошибок, в котором используются четыре

избыточных символа для каждого 59 символов данных и который в состоянии исправлять два ошибочных символа в образованном 63-символьном блоке;

– адаптивная регулировка уровня с измерением качества (*ALCQ*) представляет собой метод автоматического управления мощностью передачи. Эта функция позволяет радиопередатчику повышать и снижать мощность передачи автоматически в соответствии с ответом, полученным от другого конца участка радиорелейной линии;

– автоматическое измерение запаса на замирание.

### 3.2 Практические задания

Ознакомившись с теоретической частью, зарисуйте блок схемы наружного блока и внутренних блоков.

Наружный блок включает в себя пять функциональных блоков:

1. блок питания (*PSU*);
2. блок модемной платы;
3. блок промежуточной частоты (*IFU*);
4. СВЧ блок (*MWU*)
5. дуплексный фильтр.

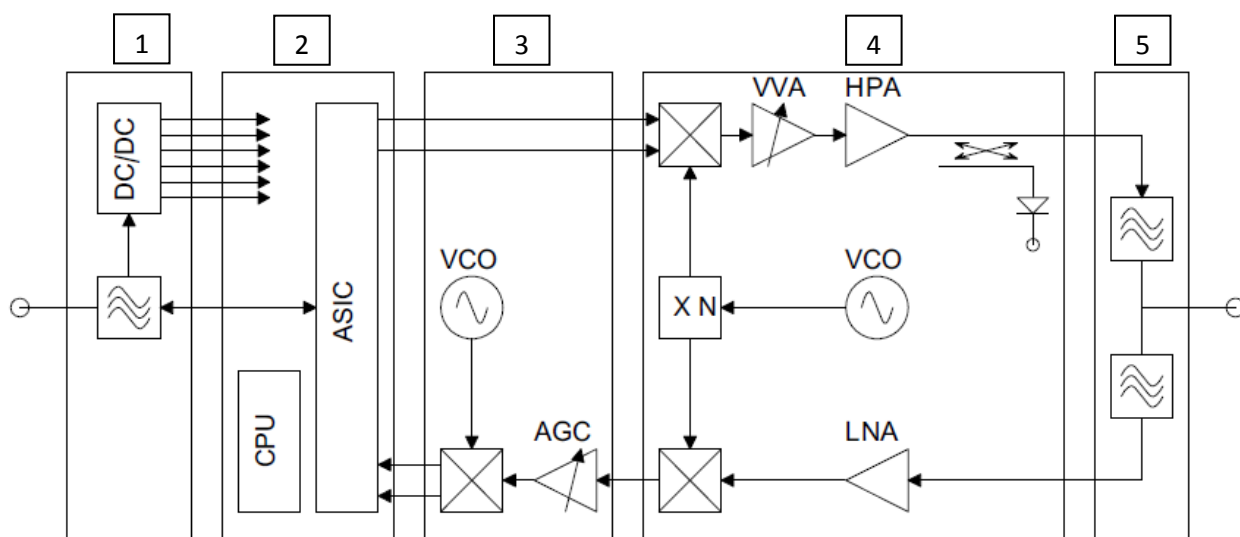


Рисунок 2.28 – Схема внутреннего блока



Основным компонентом на плате модема является уникальная конструкция *ASIC*. *ASIC* содержит цифровую модуляцию-демодуляцию с использованием кода Рида-Соломона и метода прямого исправления ошибок (*FEC*).

Модемная плата также включает встроенный микропроцессор, который используется для контроля внутри наружного блока.

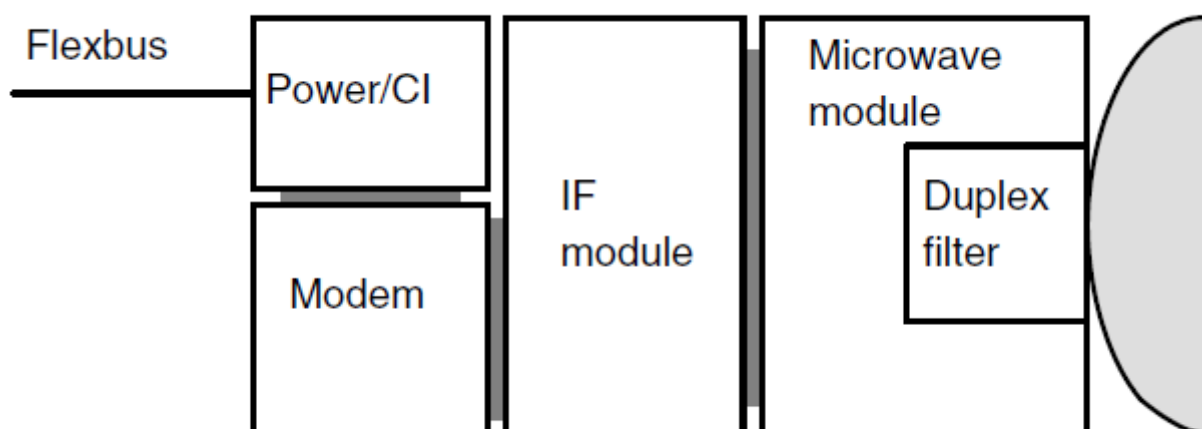


Рисунок 2.29 – Схема наружного блока

Наружный блок состоит из:

- радиочастотной части:
- модуля промежуточной частоты
- модуля СВЧ
- дуплексного фильтра
- модема
- микропроцессорной системы
- системы цифровой и аналоговой обработки сигналов
- кабеля *Flexbus*.

### **3.3 Контрольные вопросы**

1. В чем преимущества и недостатки защищенной конфигурации относительно незащищенной?
2. Какие типы сигналов передаются по коаксиальному кабелю между внутренним и внешним блоком?
3. Какие элементы входят в состав внешнего и внутреннего блоков?
4. В чем заключается принцип модуляции сигнала QPSK и QAM?
5. Дайте определение BER (коэффициент битовых ошибок). Не ниже каких значений BER должен устанавливаться в современных системах связи?
6. Объясните понятие интерфейса, укажите его виды.
7. Какие типы сигналов передаются по коаксиальному кабелю между внутренним и внешним блоком?
8. Объясните принцип переключения передатчика.
9. Каково назначение блока служебных каналов?
10. Что представляет собой алгоритм Рида-Соломона?
11. Какие элементы входят в состав внешнего и внутреннего блоков?
12. С помощью какого устройства выделяют промежуточную частоту из несущей частоты?
13. Какие схемы резервирования используются в РРС?

### **4 Содержание и оформление отчета**

В отчете должны быть представлены структурные схемы изученных РРС, кратко изложены основные технические характеристики, указаны особенности функционирования РРС, сделаны краткие выводы об области применения каждой из рассмотренных РРС

## **5 Информационные источники**

- 1 Техническое описание и инструкция по эксплуатации PPC PASOLINK NEO
- 2 Техническое описание и инструкция по эксплуатации PPC MINI-LINK
- 3 Техническое описание и инструкция по эксплуатации PPC NOKIA FLEXIHOPPER