

## Лабораторная работа.

### «Исследование спутникового канала связи»

**Цель работы:** получение основных навыков работы с модемами спутниковой связи, расчет и определение влияния отношения сигнал/шум (помеха) на вероятность ошибки для различных видов модуляции.

**Описание оборудования:** Структурная схема лабораторной установки представлена на рисунок 1. В установке используется спутниковый модем DMD20 LBST, произведенные компанией **Comtech EF Data Corporation** (США).

#### **Технические характеристики модема:**

- Мощность выходного сигнала от 0 до – 25 дБм.
- Частота на выходе модема от 950 до 2050 МГц.
- Возможные виды модуляций: BPSK, QPSK, OQPSK.
- Максимальная мощность входного сигнала равна 30 дБм. Максимальная мощность выходного сигнала равна 0 дБм.

Модемы обеспечивают скорость передачи данных до 20 Мбит/с и могут использоваться операторами мобильной сети для спутниковой IP телефонии, передаче видео изображения и предоставления доступа в сеть Интернет.

Конструктивно модем состоит из двух печатных плат (минимальная конфигурация), с возможностью подключения плат, предназначенных для дополнительных функций. Минимальная конфигурация состоит из платы

L-Band / IF и платы Baseband Digital. Дополнительные платы включают в себя Turbo Codec плату и одну из нескольких типов интерфейсных печатных плат. В данном случае это плата с Ethernet интерфейсом.

Для внесения помехи используется генератор помех: «глушитель сотового сигнала».

«Глушители сотового сигнала» подразделяются на 3 типа, по способу подавления сигнала:

- Спуфинг - на мобильное устройство подается ложный сигнал и его работа нарушается;
- ДДоС атака - отказ в обслуживании, когда сигнал перекрывается радиопомехами и не может нормально быть принят или отправлен;

- Электромагнитная экранировка - объект заключается в защитный экран, который не пропускает ни входящие, ни исходящие сигналы;

В данной лабораторной работе применяется устройство с ДДоС-атакой, генерирующее радиопомехи в диапазонах частот GSM 800/900/1800/1900 МГц и на частоте 3G 2100МГц.

Ниже на представлены основные характеристики данного устройства

Выход CDMA\GSM:

- от 930 до 970 МГц, мощностью сигнала 0 dbm.
- от 1670 до 1960 МГц, мощностью сигнала -10 dbm.

Выход 3G:

- от 1800 до 2000 МГц, мощность сигнала -7 dbm
- от 2000 до 2170 МГц, мощность сигнала – 10 dbm

Выход DCS\PHS:

- от 3580 до 4000 МГц, мощность сигнала -20 dbm

### Принципиальная схема лабораторной установки:

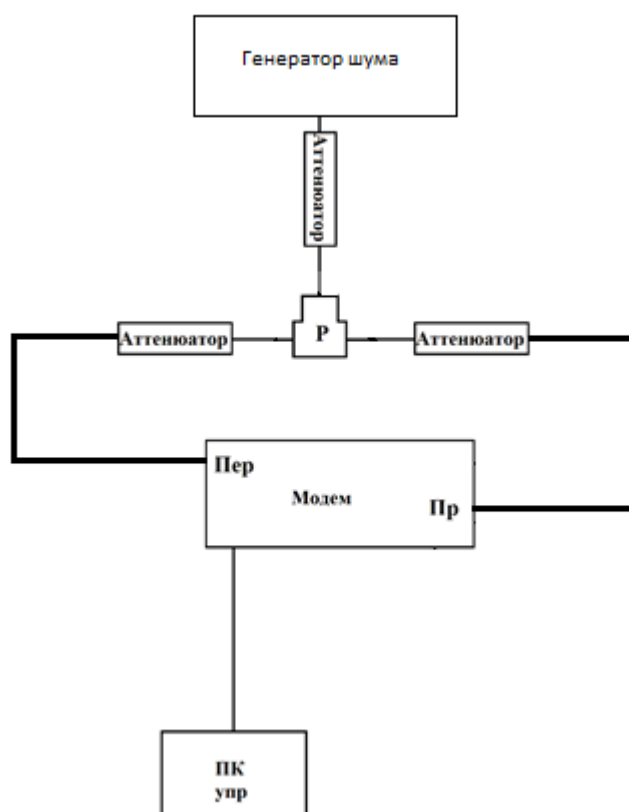


Рисунок 1. Схема лабораторной установки

«Модем» – модем спутниковой связи DMD20 LBST, «ПК упр» - персональные компьютеры, предназначенные для управления модемом и подключенные к ним коммутационным кабелем, «Аттенюатор» - устройства выполняющие ослабление сигнала с целью предотвращения подачи на приемник сигнала чрезмерно большой мощности и вывода его из строя, а также для измерения характеристик при изменении мощности входного сигнала. Используются аттенюаторы NAT-10-DC1, произведенные фирмой Mini Circuits, вносящие сопротивление 10 дБ и имеющие сопротивление 50 Ом. Они подключаются к генератору помех, приемнику, передатчику модемов спутниковой связи с помощью коаксиального кабеля последовательно в каждую линию.

### Порядок выполнения работы

Для работы на лабораторном макете соединяем его элементы, согласно выбранной структурной схеме, следует учесть, что разъем с подписью RX является высокочастотным входом приемника, а разъем с подписью TX является высокочастотным выходом передатчика модема.

Затем подключаем питание модемов и включаем персональный компьютер. Открываем браузер Google Chrome и в адресной строке вводим IP адрес модема, затем нажимаем клавишу Enter. Затем переходим по ссылке Monitor and control. рисунок 2

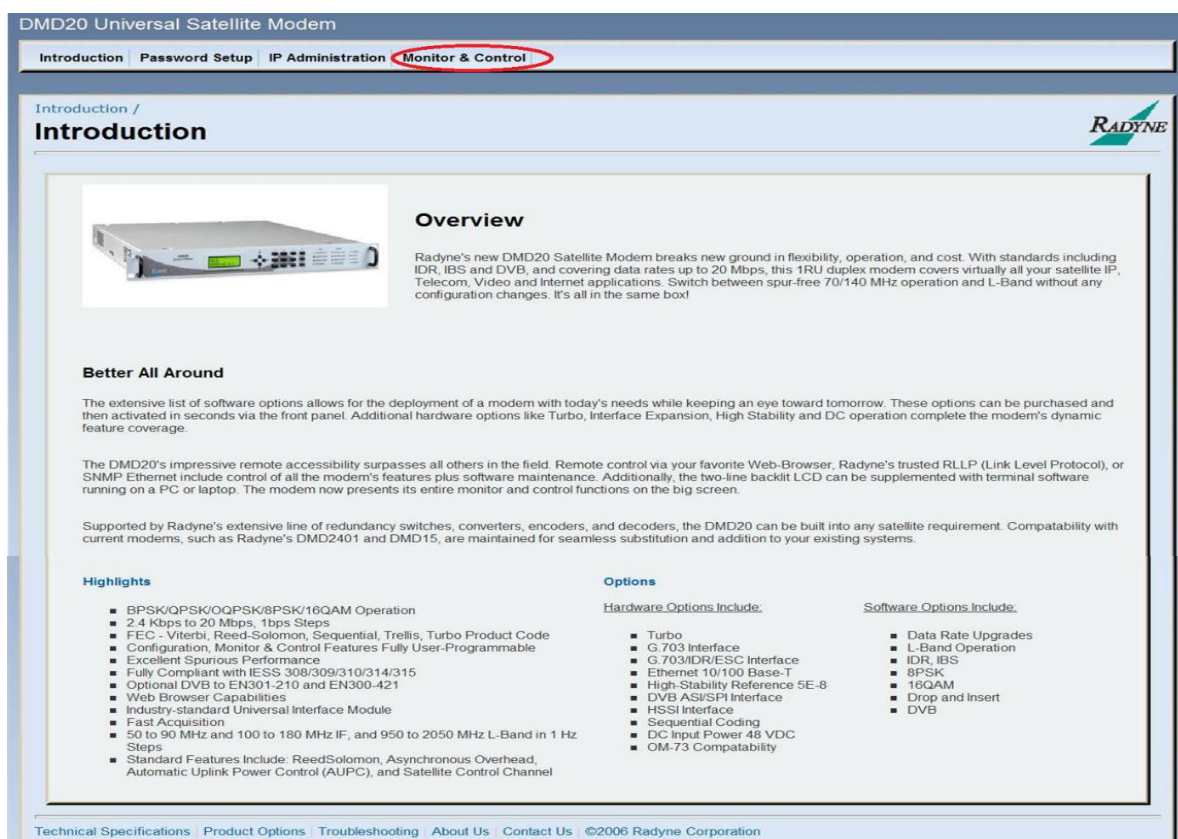


Рисунок 2. Introduction.

Вводим логин guest и пароль guest (рисунок 3).

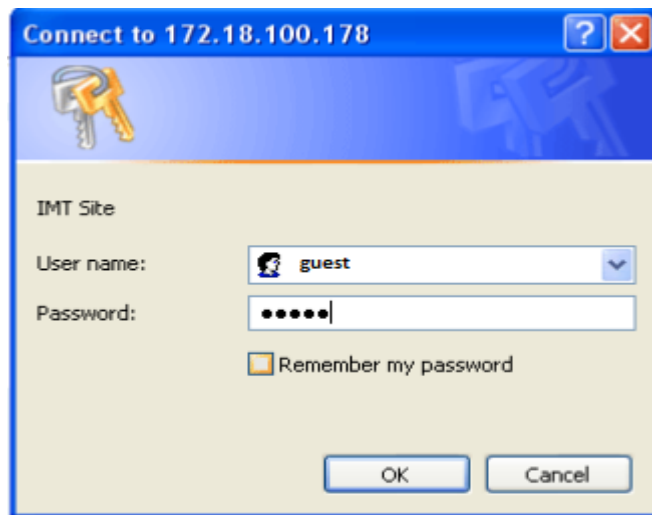


Рисунок 3. Окно авторизации.

Для выбора модуляции на управляющем компьютере, переходим к настройкам передатчика во вкладку TRANSMIT, раздел GENERAL / IF и в параметре Modulation выбираем необходимую модуляцию : BPSK, QPSK (рисунок 4), Ту же модуляцию и частоту выставляем и на приёмнике модема во вкладке RECEIVE, разделе GENERAL / IF (рисунок 4).

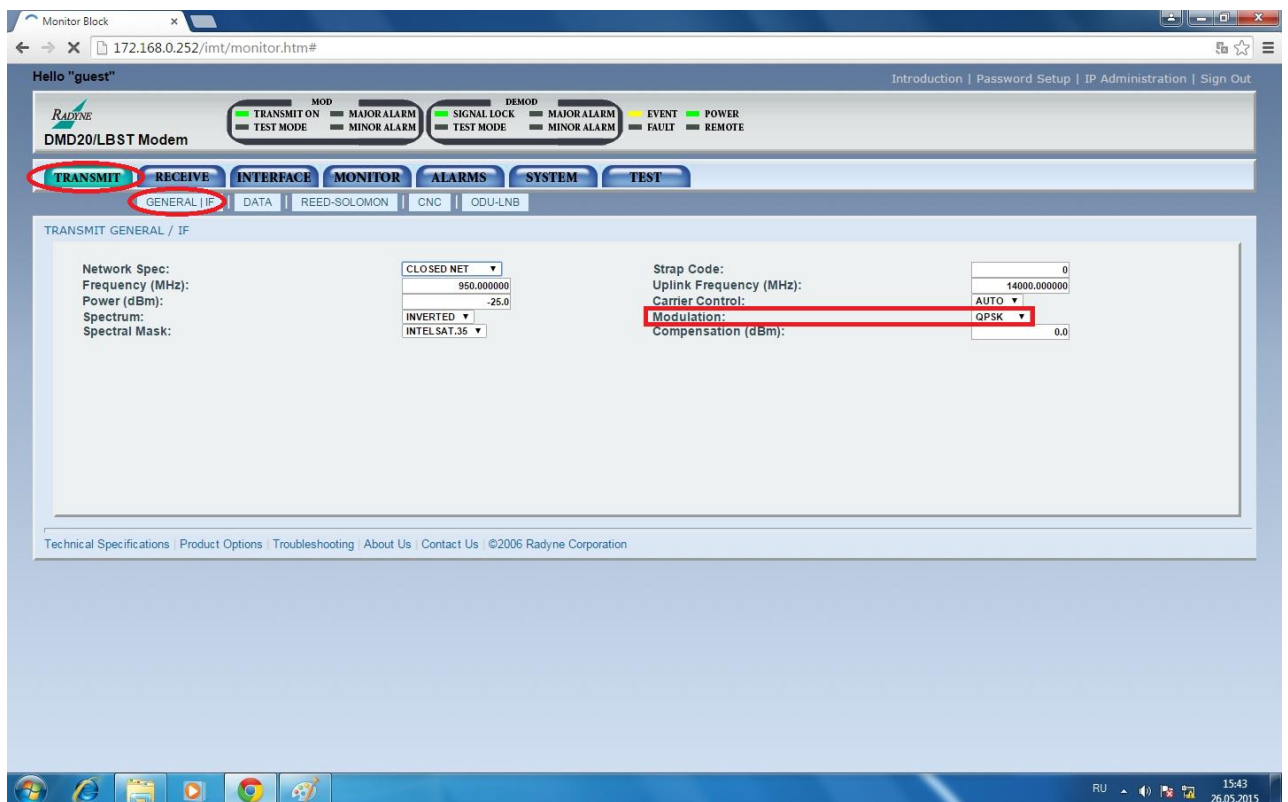


Рисунок 4. Вкладка TRANSMIT, раздел GENERAL / IF .

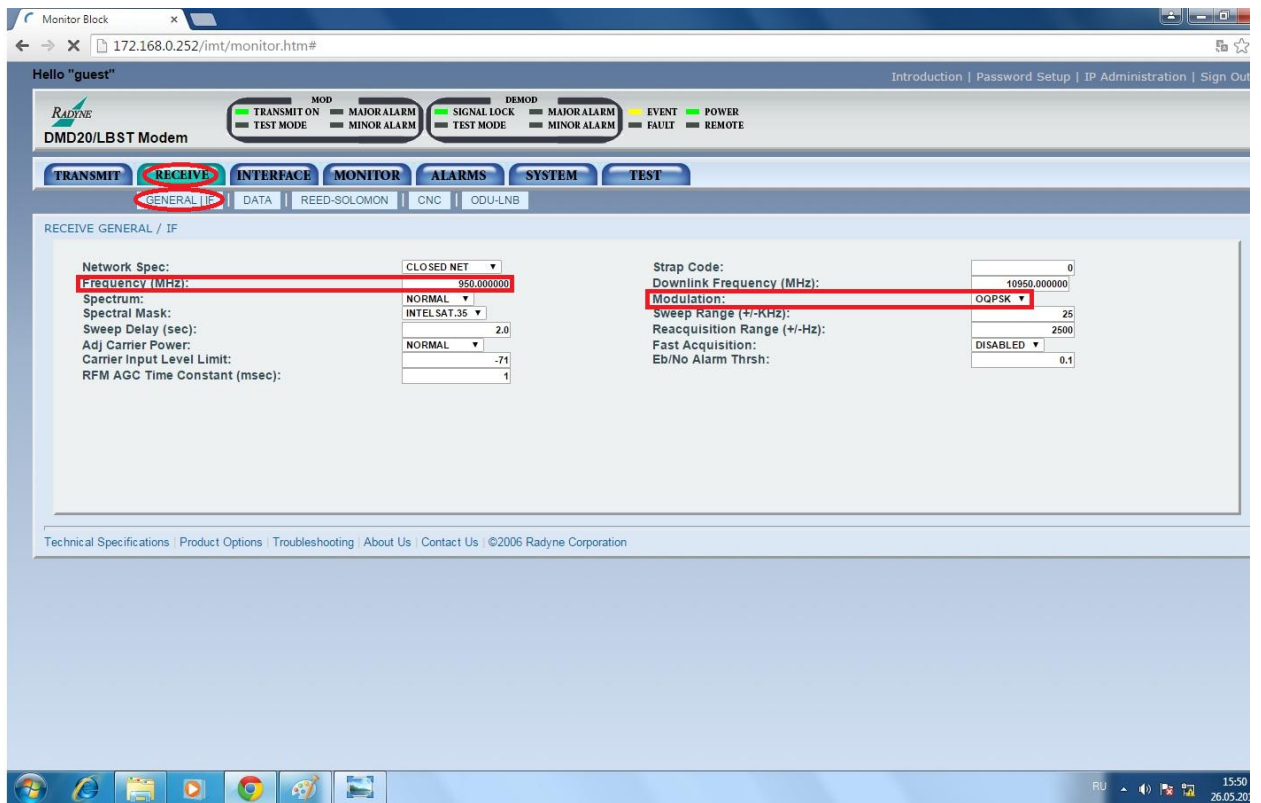


Рисунок 5. Вкладка RECEIVE, разделе GENERAL / IF.

Для наблюдения за сигнальными созвездиями на управляющем компьютере, необходимо перейти во вкладку TEST, раздел I/Q PLOT, а затем нажать кнопку START.

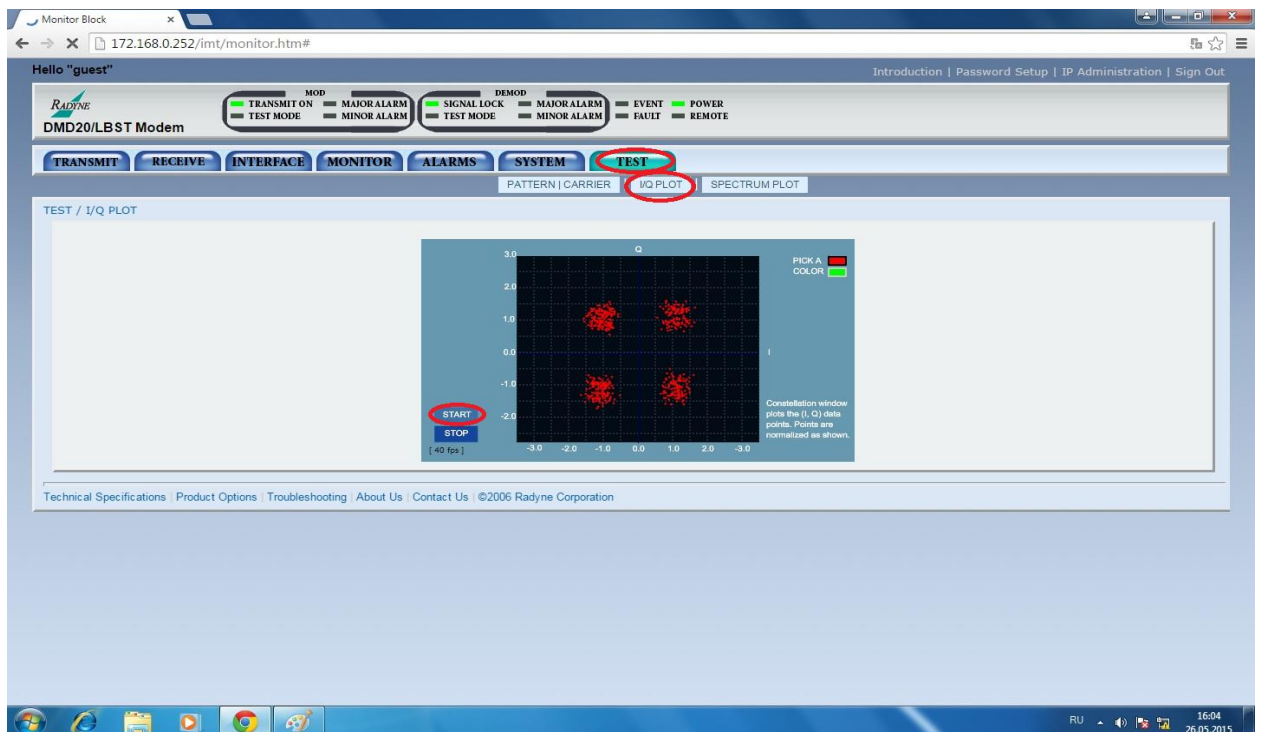


Рисунок 6. Вкладка TEST, раздел I/Q PLOT.

Для наблюдения за спектром на управляющем компьютере, необходимо перейти во вкладку TEST, раздел SPECTRUM PLOT, а затем нажать кнопку START.

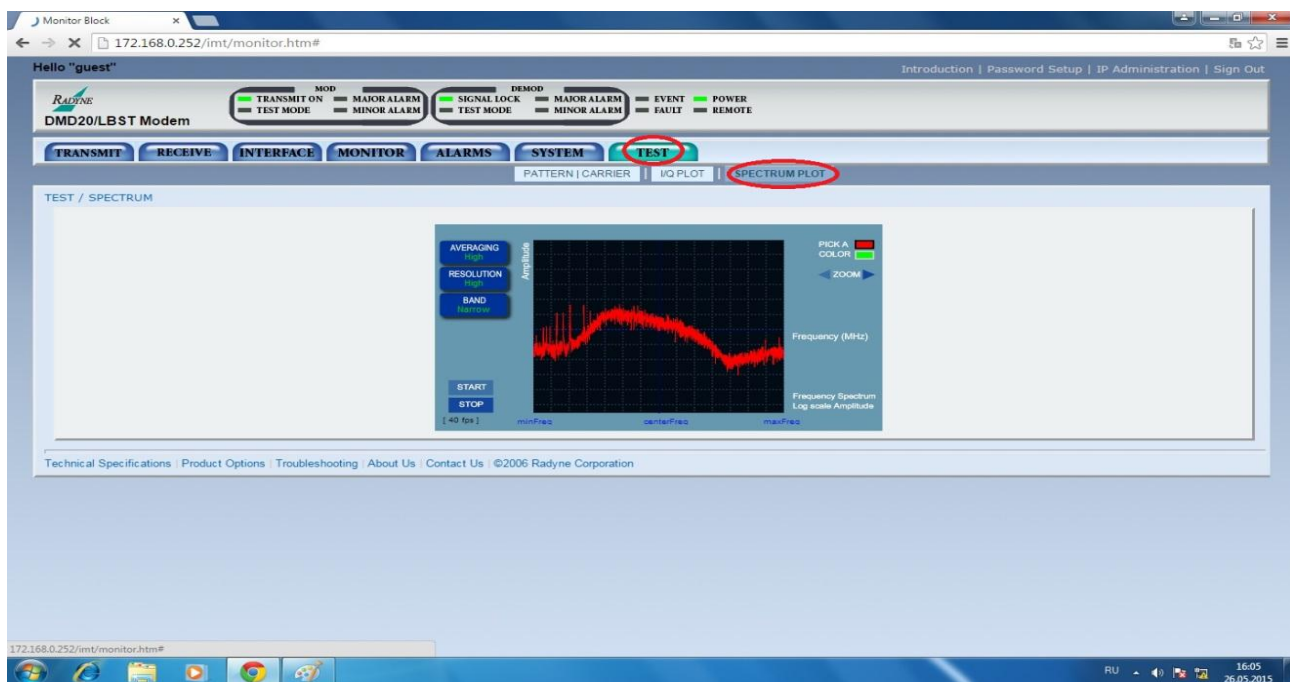


Рисунок 7. Раздел SPECTRUM PLOT вкладки TEST.

Изменяя значения мощности выходного сигнала от -5 дБм до -10 дБм во вкладке TRANSMIT, раздел GENERAL / IF рисунок 8

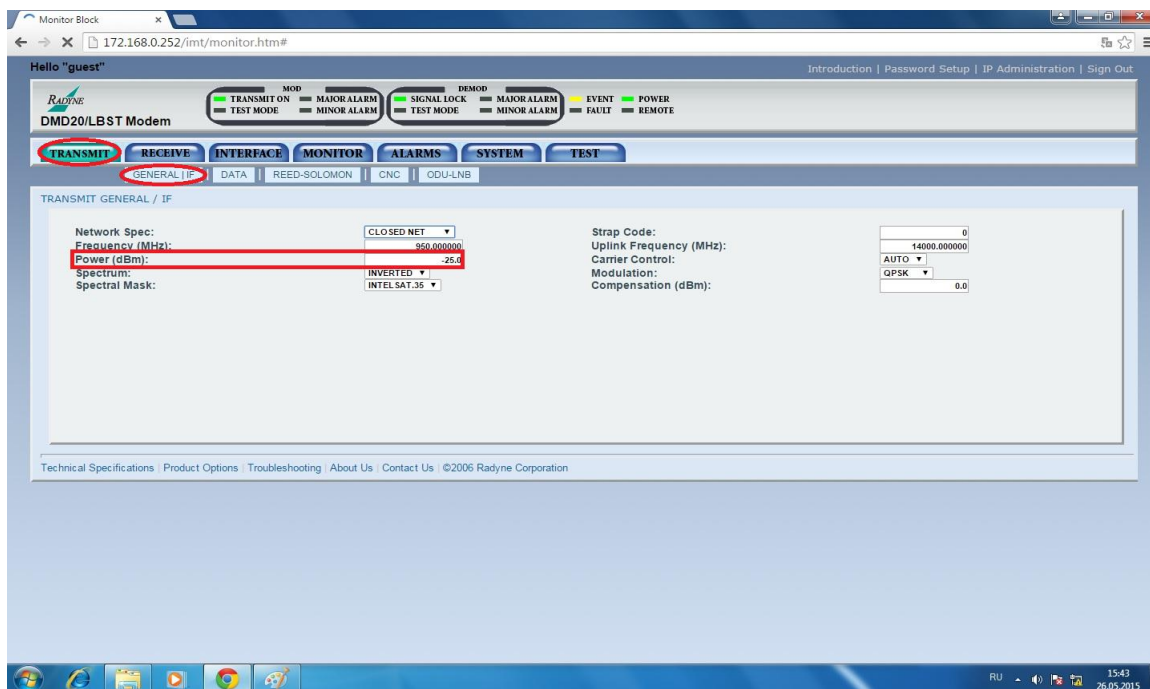


Рисунок 8. Вкладка TRANSMIT, раздел GENERAL / IF.

Приступаем к снятию значений, в разделе VOLTAGES вкладки MONITOR (рисунок 9),

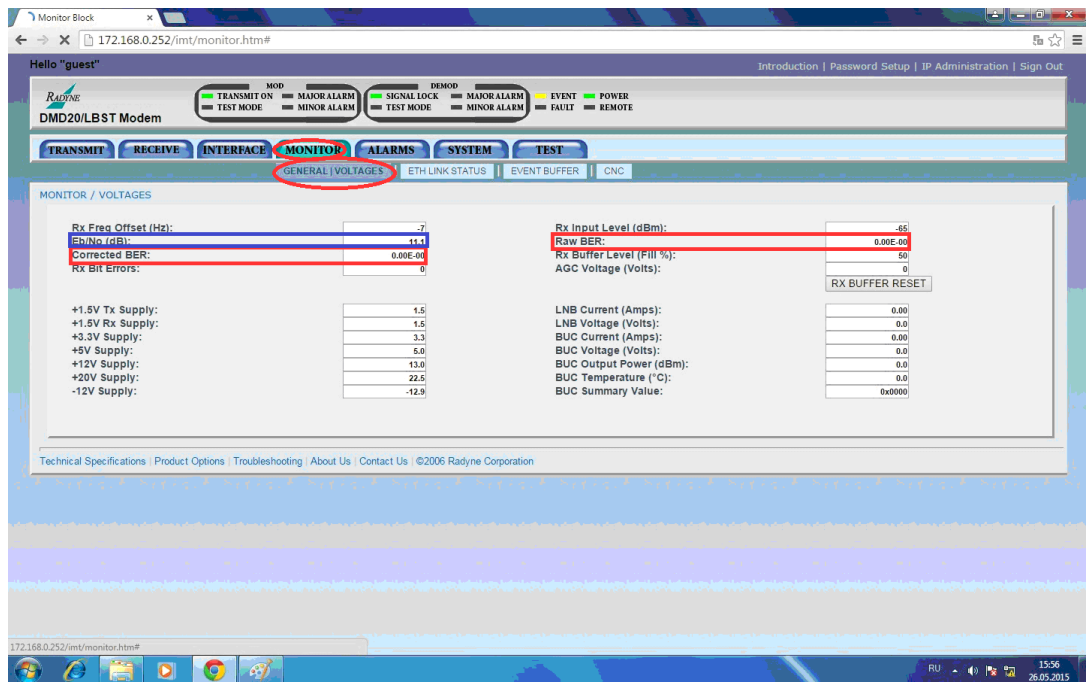


Рисунок 9. Вкладка MONITOR, раздел GENERAL / VOLTAGES.

В данной вкладке можем измерить Raw BER –коэффициент битовых ошибок до исправления, Corrected BER коэффициент битовых ошибок после исправления, отношение сигнал/шум.

$E_b/N_0$ - отношение сигнал шум.

Варианты задания:

Вариант	1	2	3	4
Частота	930-970 МГц	1930-1950 МГц	930-970 МГц	1930-1950 МГц
Модуляция	BPSK	BPSK	QPSK	QPSK
FEC	Без исп.FEC 1/2	1/2 и 7/8	3/4 и 7/8	7/8 и без исп FEC

### Обработка полученных данных:

Обработка полученных данных про изводится в математическом пакете MathCad.

Для простоты расчетов в отношении сигнал/шум примем значение спектральной плотности мощности шума ( $N_0$ ) равным 1, а значение энергии бита ( $E_b$ ) будем считать значением отношения сигнал/шум ( $E_b/N_0$ ).

Значение спектральной плотности мощности шума.

$$N_0 := 1$$

Количество дискретных значений, которые может принимать модулирующий сигнал для BPSK модуляции:



$$M_{BPSK} := 2$$

для QPSK модуляции:

$$M_{QPSK} := 4$$

Влияние корректирующего коэффициента FEC на отношение сигнал/шум.

$$E_b - 10 \cdot \log\left(\frac{1}{FEC}\right) \quad (1)$$

Расчет вероятности ошибки общая формула:

$$P_b := 2 \cdot \left(1 - \frac{1}{2\sqrt{M}}\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{3 \cdot \log(M, 2) \cdot E_b}{2 \cdot (M-1) \cdot N_0}}\right) \quad (5)$$

$$BER := P_b$$

Данные занести в таблицу

Вариант	Fec = ; частота= МГц; модуляция					
Р пер						
Еb/No						
Вер эксп						
Вер расч						

Построить графики при различных FEC/

Зарисовать сигнальные созвездия для своего варианта при различных отношениях сигнал/шум. Пояснить графики.

Содержание отчёта:

1. Схема лабораторной установки
2. Данные измерений
3. Расчетные данные.
4. Графики зависимости BER от отношения сигнал/шум при заданных значениях модуляции и FEC.
5. Эпюры сигнальных созвездий .
6. Выводы