

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
Кафедра вычислительной техники

# УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Методическое руководство к практическим занятиям

Составитель  
А. С. МЕРКУТОВ



Владимир 2012

УДК 681.518 (076)

ББК 32.965 П 95

У82

Рецензент

Доктор технических наук, профессор  
кафедры информатики и защиты информации  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*М.Ю. Монахов*

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

**Устройства** приема и обработки радиосигналов в системах  
У82 подвижной связи : метод. рук. к практ. занятиям / Владим. гос.  
ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых ; сост. А. С. Меркутов. – Владимир : Изд-во ВлГУ,  
2012. – 32 с.

Содержит описание трех практических работ, которые ориентированы на теоретическое и практическое изучение следующих разделов учебного курса «Устройства приема и обработки радиосигналов в системах подвижной связи»: «Входные устройства», «Обобщенная структурная схема радиоприемника», «Коэффициент шума», «Чувствительность, избирательность и методика их измерения». Практические работы построены на основе решения задач линейного и нелинейного анализа радиотехнических устройств с использованием САПР Advanced Design System.

Предназначено для студентов 4-го курса очной формы обучения специальности 210402 – средства связи с подвижными объектами.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения

Ил. 37. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.518 (076)

ББК 32.965 П 95

## ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения представленных практических работ предлагается использовать САПР – систему автоматизированного проектирования Advanced Design System, которая предназначена для моделирования аналоговых и цифровых радиоэлектронных устройств и систем широкого класса. Ниже приводится последовательность основных команд, ориентированных на сеанс работы с программным обеспечением данной САПР.

1. Запустить программу **Advanced Design System**. Сгенерируется окно главного меню.
2. Установить режим работы системы - аналоговый, если это необходимо, выполнив команду **Tools> Advanced Design System Setup>Analog RF Only**. Выйти из программы и снова ее запустить.
3. Создать новый проект с помощью команды **File>New Project**.
4. Присвоить имя новому проекту и открыть его. К имени автоматически присоединяются символы `_prj`.
5. Открыть окно схемного редактора командой **File>New Schematic**.
6. Сформировать схемный проект.
7. Сохранить содержимое окна схемного редактора. Файл получает расширение `*.dsn` и размещается в подкаталоге **network**.
8. Результаты моделирования (графики, таблицы и т.п.) сохранить в файле с расширением `*.dds`.

В издании приведено описание методики выполнения заданий к практическим занятиям, ориентированным на изучение способов автоматизированного расчета основных характеристик типовых трактов радиоприемного устройства (преселектора, смесителя, тракта промежуточной частоты, супергетеродинного приемника) с использованием современных методов линейного и нелинейного анализа.

## Практическая работа № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

**Цель работы:** освоение методики автоматизированного исследования характеристик усилителя высокой частоты (УВЧ) радиоприемного устройства (РПУ).

#### Основные рассчитываемые параметры:

- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);
- односигнальная избирательность по побочным каналам приема;
- коэффициент шума;
- спектр выходной мощности;
- динамическая характеристика и точка компрессии (Р1дБ);
- точка интермодуляции 3-го порядка (ТОI).

#### Основные используемые методы и виды анализа:

- малосигнальный анализ (АС);
- шумовой анализ в малосигнальном режиме;
- анализ методом гармонического баланса при одночастотном и двухчастотном воздействии.

#### Пример выполнения этапов исследований

Ниже приведены примеры выполнения оценок основных характеристик УВЧ, представленного в виде функционального блока или макромодели.

*Пример расчета коэффициента передачи методом малосигнального анализа*

На рис.1 приведена схема проекта, который можно найти в директории *Examples/Tutorial/SimModels/network* в файле *SP1.dsn*.

Для выполнения моделирования необходимо использовать контроллер анализа S-параметров (S-parameter), в котором устанавливаются границы частотного диапазона (от 800 до 900 МГц) и шаг (1 МГц) при проведении анализа.

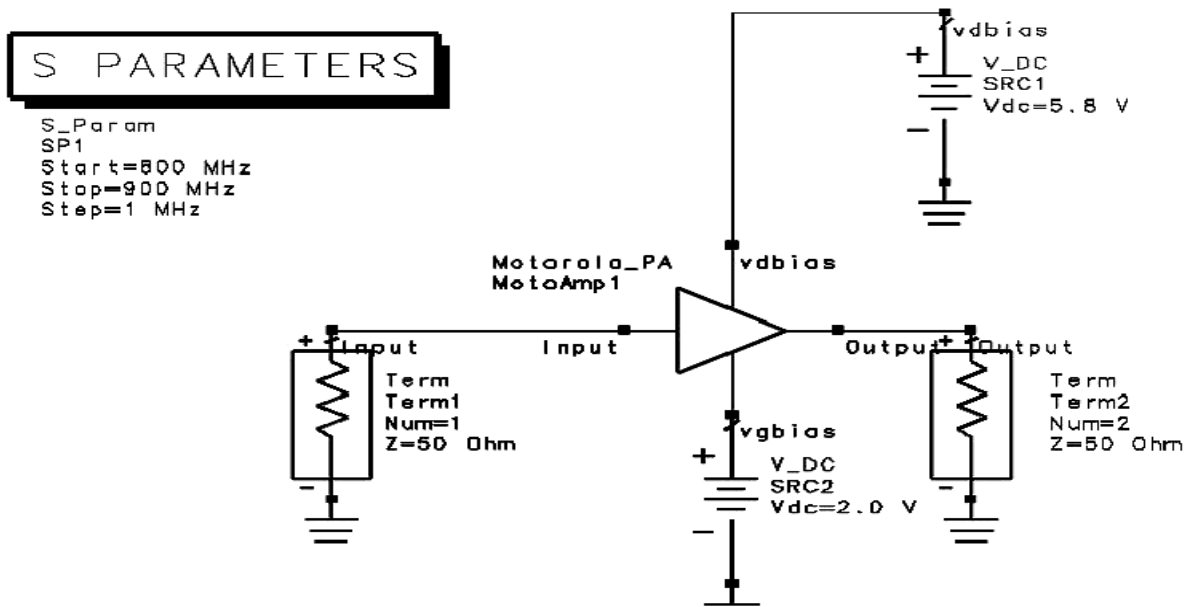


Рис. 1. Схемный проект для анализа S-параметров УВЧ (S21)

Результаты расчета АЧХ в децибелах приведены на рис. 2. Из него можно сделать вывод, что коэффициент передачи усилителя в пределах диапазона частот меняется от 13,3 до 12,5 дБ.

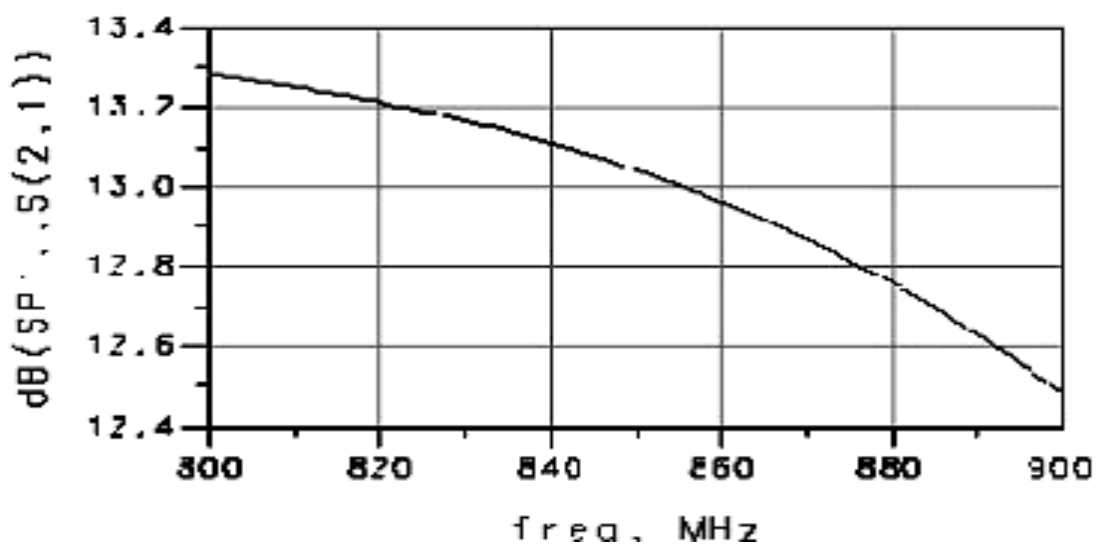


Рис. 2. Модуль коэффициента передачи УВЧ

### Анализ коэффициента шума УВЧ в линейном режиме

При моделировании можно учесть следующие шумовые источники:

- температурные шумы пассивных элементов с активными потерями;
- шумы линейных активных приборов, представляемых в виде четырехполюсника, описываемого файлом данных;
- шумы от внешних источников шума;
- тепловые шумы, генерируемые паразитными сопротивлениями потерь модели активных элементов;
- шум канала для полевых транзисторов (JFET-, MOSFET- HEMT-структуры);
- дробовые шумы, обусловленные токами, протекающими через переходы, которые моделируются для диодов и биполярных транзисторов (зависят от токов смещения и не зависят от температуры);
- фликкер ( $1/f$ ) шум, который моделируется для большинства активных приборов;
- шум (Burst) низких частот, зависящий от смещения и моделируемый для биполярных транзисторов.

Для проведения анализа необходимо выполнить установки параметров для оценки коэффициента шума в контроллере *S-Param*, как показано на рис. 3.

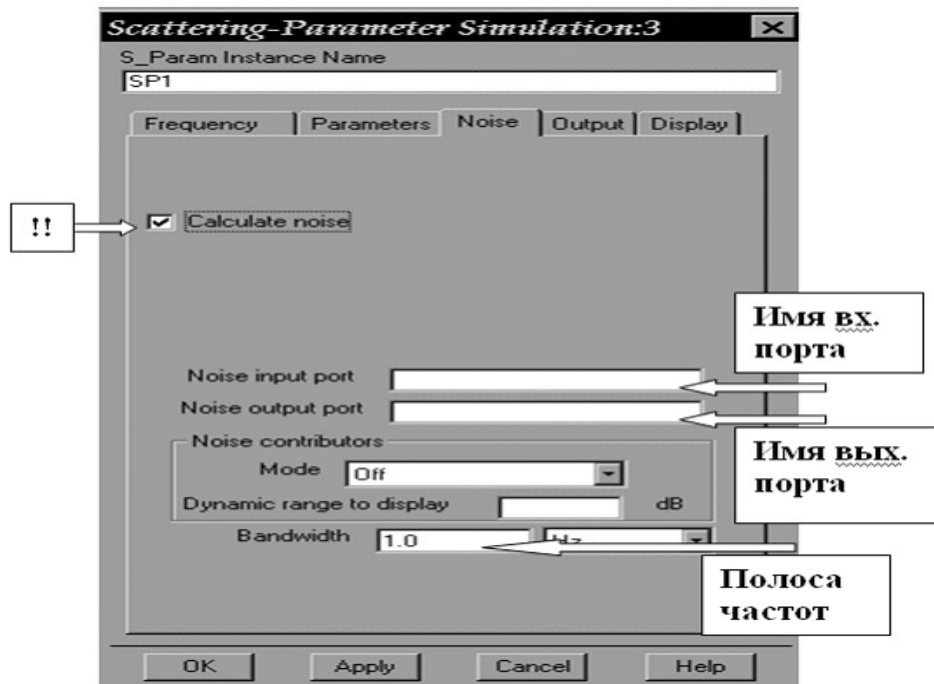


Рис. 3. Установка параметров для анализа коэффициента шума

После проведения анализа в списке выводимых параметров коэффициент шума будет соответствовать идентификатору  $nf(2)$  и измеряться в децибелах. Перед этим необходимо убедиться, чтобы во всех резистивных элементах схемы была включена опция *Noise=Yes*. В противном случае их вклад в формирование шумового напряжения на выходе учитываться не будет.

### *Спектральный анализ УВЧ при фиксированной мощности входного сигнала*

Ниже приведен пример подготовки схемного проекта для спектрального анализа методом гармонического баланса. Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1. Сформировать в окне редактора схему усилителя (рис.4).

В данном случае это функциональная модель с параметрами:

$S_{21}=20$  db (коэффициент передачи);

$TOI=20$  dbm (точка интермодуляции 3-го порядка);

$SOI=30$  dbm (точка интермодуляции 2-го порядка).

Вместо параметров  $TOI$  и  $SOI$  можно задать точку компрессии ( $P_{1dB}$ ).

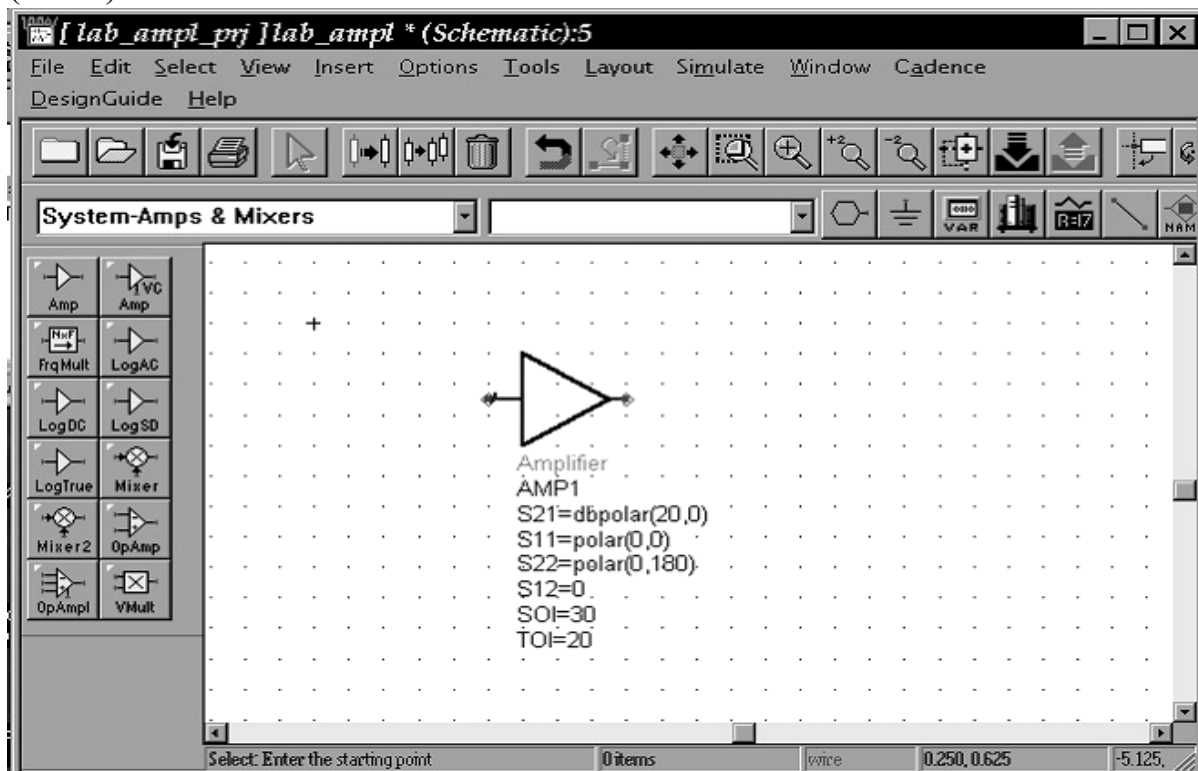


Рис. 4. Задание параметров модели усилителя

Если в состав схемы входят дискретные активные элементы (диоды, транзисторы), то при их параметризации необходимо использовать только нелинейные модели.

2. Выбрать источник мощности сигнала *Component Palette List>Sources\_Freq Domain>P\_1 Tone* и разместить на схеме со следующими установками:

$P = -30 \text{ dbm}$ ;

$\text{Freq} = 0.5 \text{ GHz}$  (рис. 5).

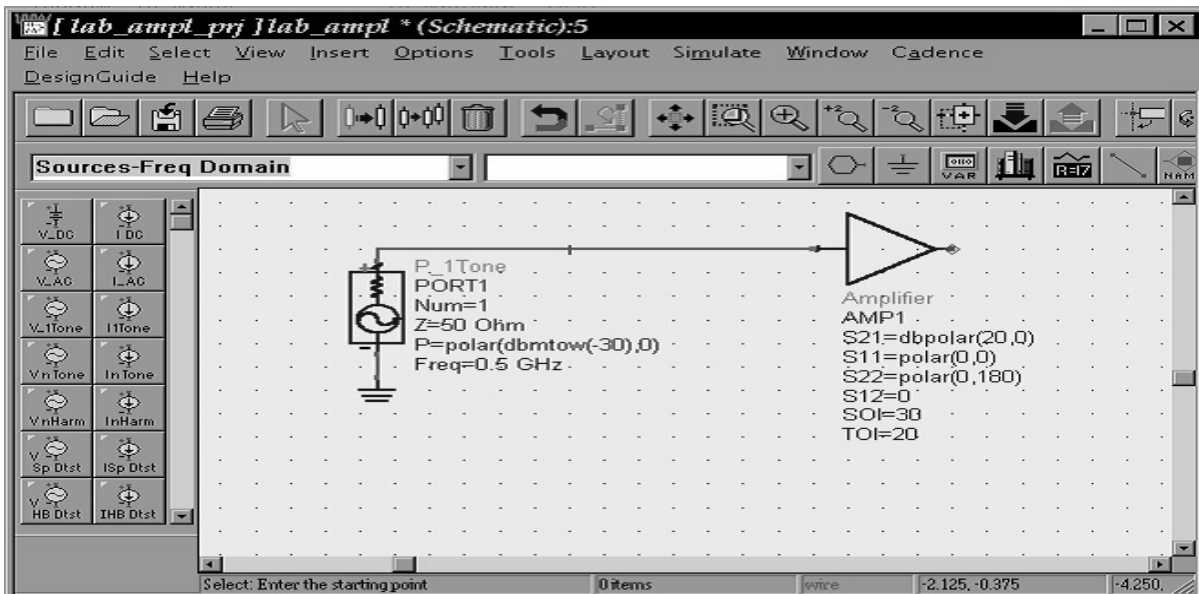


Рис. 5. Подключение источника входной мощности

3. Подключить к выходу *Term*-компоненту из группы *Simulation-HB*. Командой *Name Node* присвоить имя выходу схемы (*Out*) (рис. 6).

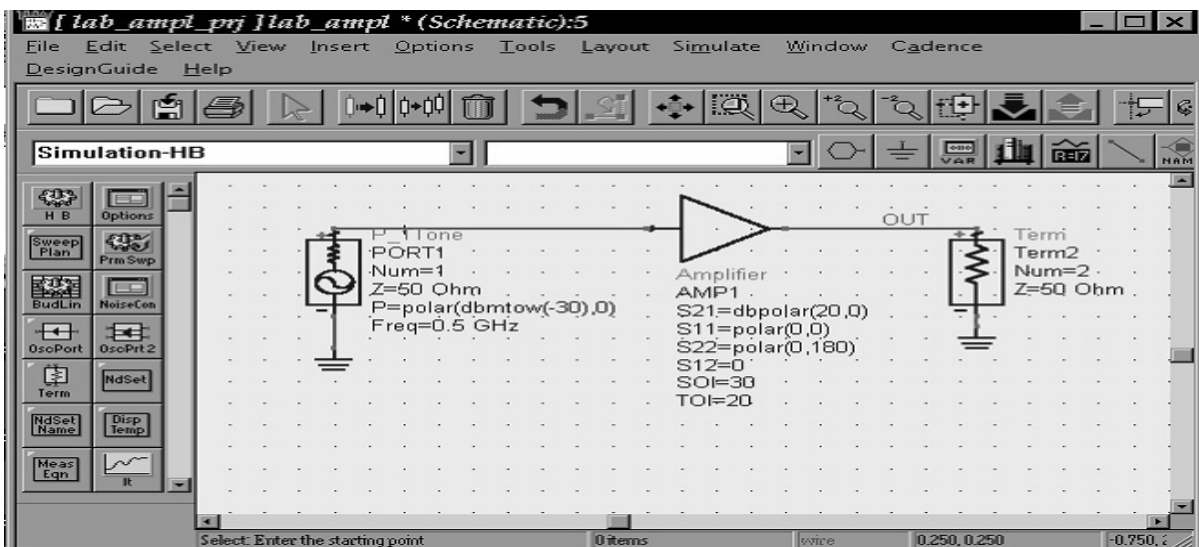


Рис. 6. Подключение сопротивления нагрузки



4. Разместить контроллер метода гармонического баланса *Component Palette List>Simulation-HB>HB*, сделав следующие установки (рис. 7):  
 Order = 5 (количество учитываемых гармоник);  
 Frequency = 0.5 GHz (базовая частота, соответствующая частоте входного сигнала).

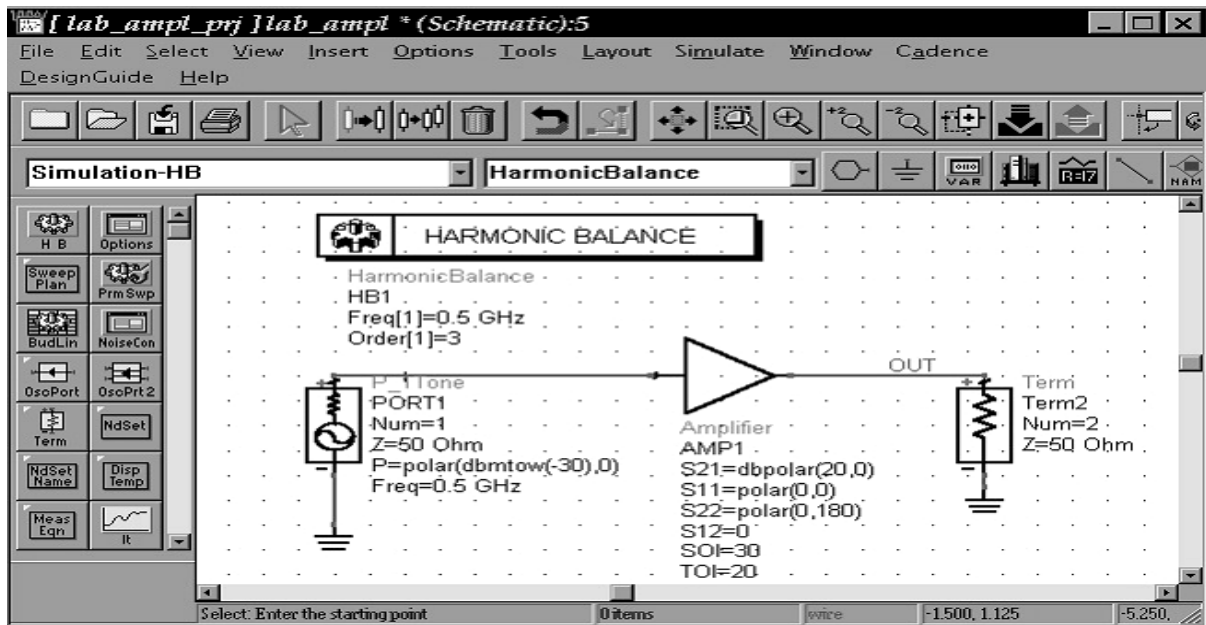


Рис. 7. Подключение контроллера анализа

5. Запустить проект на выполнение командой *Simulate>Simulate*.  
 6. Установить выход для вывода значения мощности (*Out*), выбрав единицы измерения *dbm* (рис. 8).

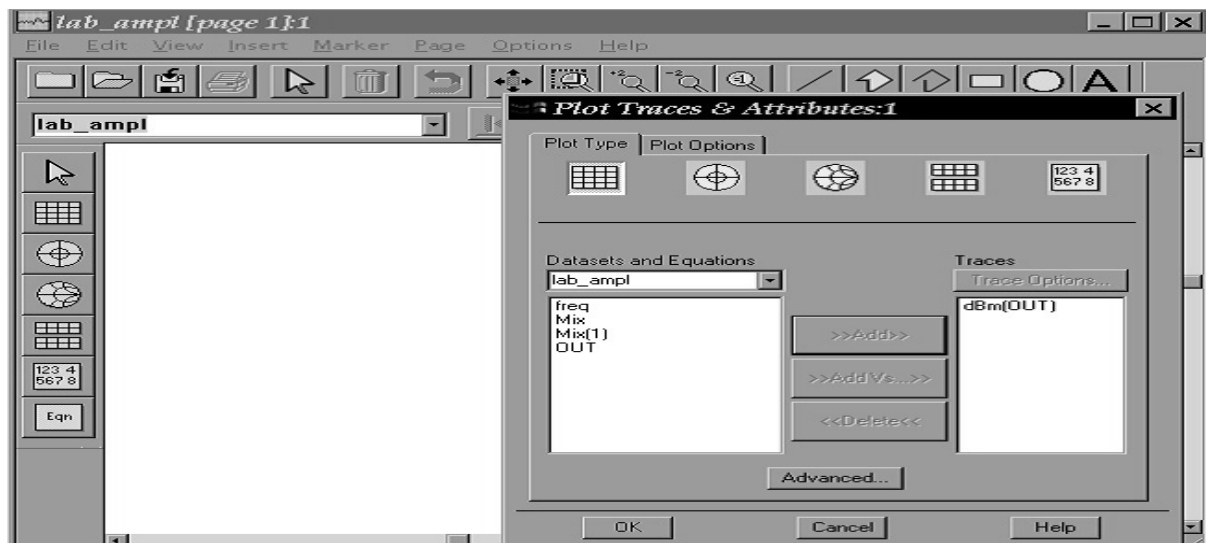


Рис. 8. Установка вывода спектра выходной мощности

Спектр мощности на выходе усилителя приведен на рис. 9. Маркер (*Marker*) установлен на частоте сигнала.

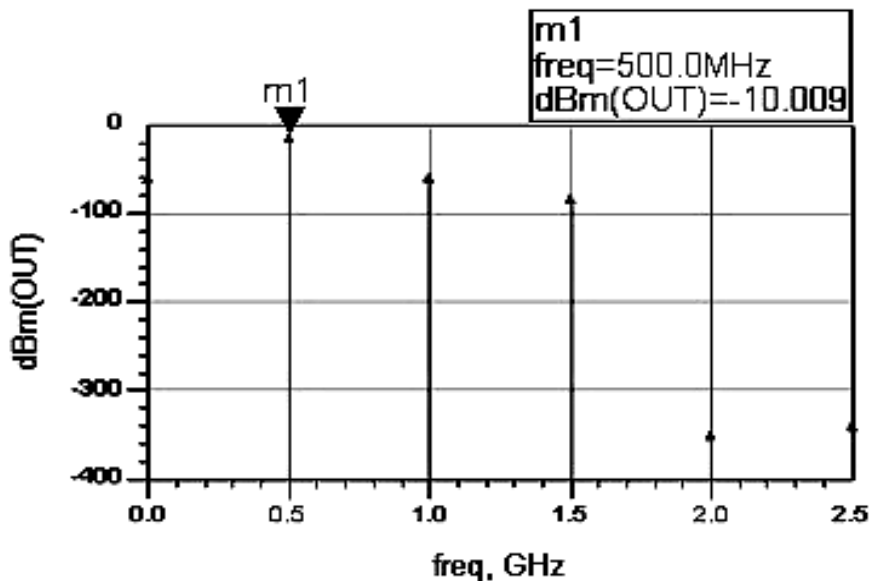


Рис. 9. Спектр мощности выходного сигнала

#### Определение точки компрессии усилителя ( $P1dB$ )

Последовательность действий по определению точки компрессии:

1. Выбрать и разместить на схеме специализированный контроллер анализа командой *Simulation\_XDB>XDB*. Установить значение частоты *Freq=0.5 GHz* и количество гармоник *Order=5*. Выбрать опцию *XdB*.

2. В поле *Gain compression* занести величину, по которой оценивается сжатие динамической характеристики (по умолчанию – 1 дБ).

3. Под опцией *Port numbers* установить номера входного и выходного портов (обычно *Num = 1* и *Num = 2* соответственно).

4. Под опцией *Port frequencies* установить значения входной и выходной частот. В данном случае выходная частота соответствует входной и равна 0.5 GHz (рис.10).

5. Запустить проект на анализ (*Simulate>Simulate*).

Окончательный вариант схемного проекта приведен на рис.11.

6. Установить табличный вывод параметров *inpwr* (точка компрессии по входу) и *outpwr* (точка компрессии по выходу), как показано на рис. 12.

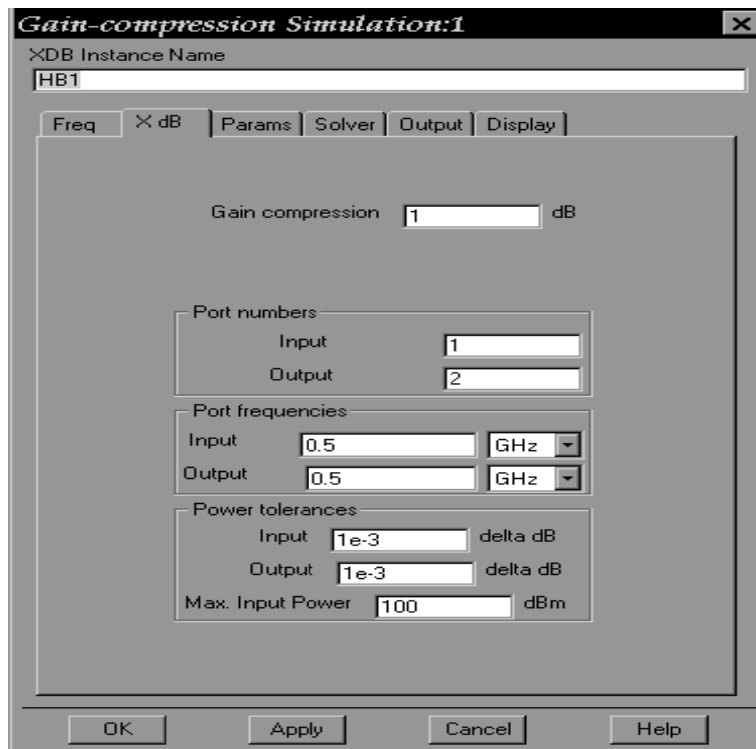


Рис.10. Параметризация контроллера для анализа точки компрессии

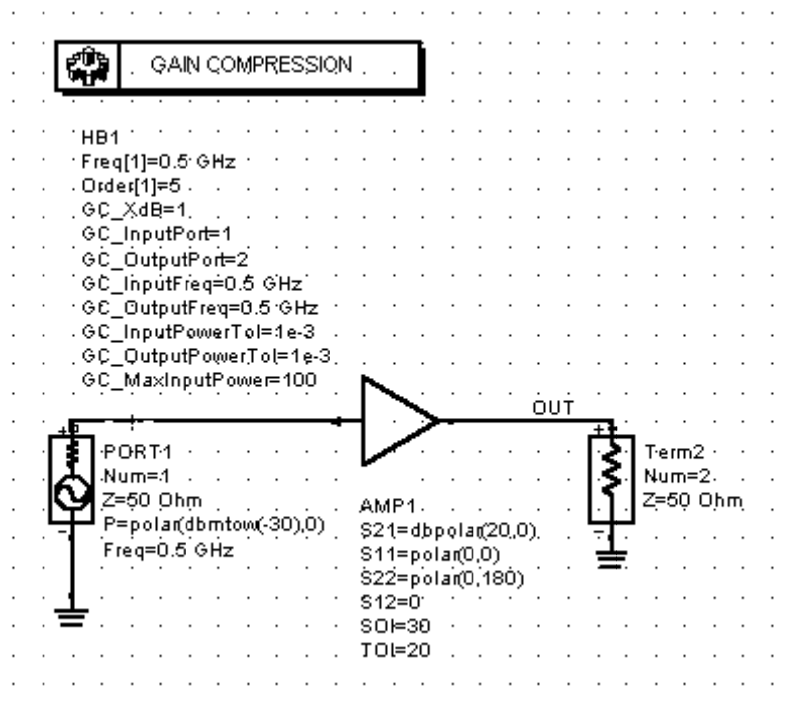
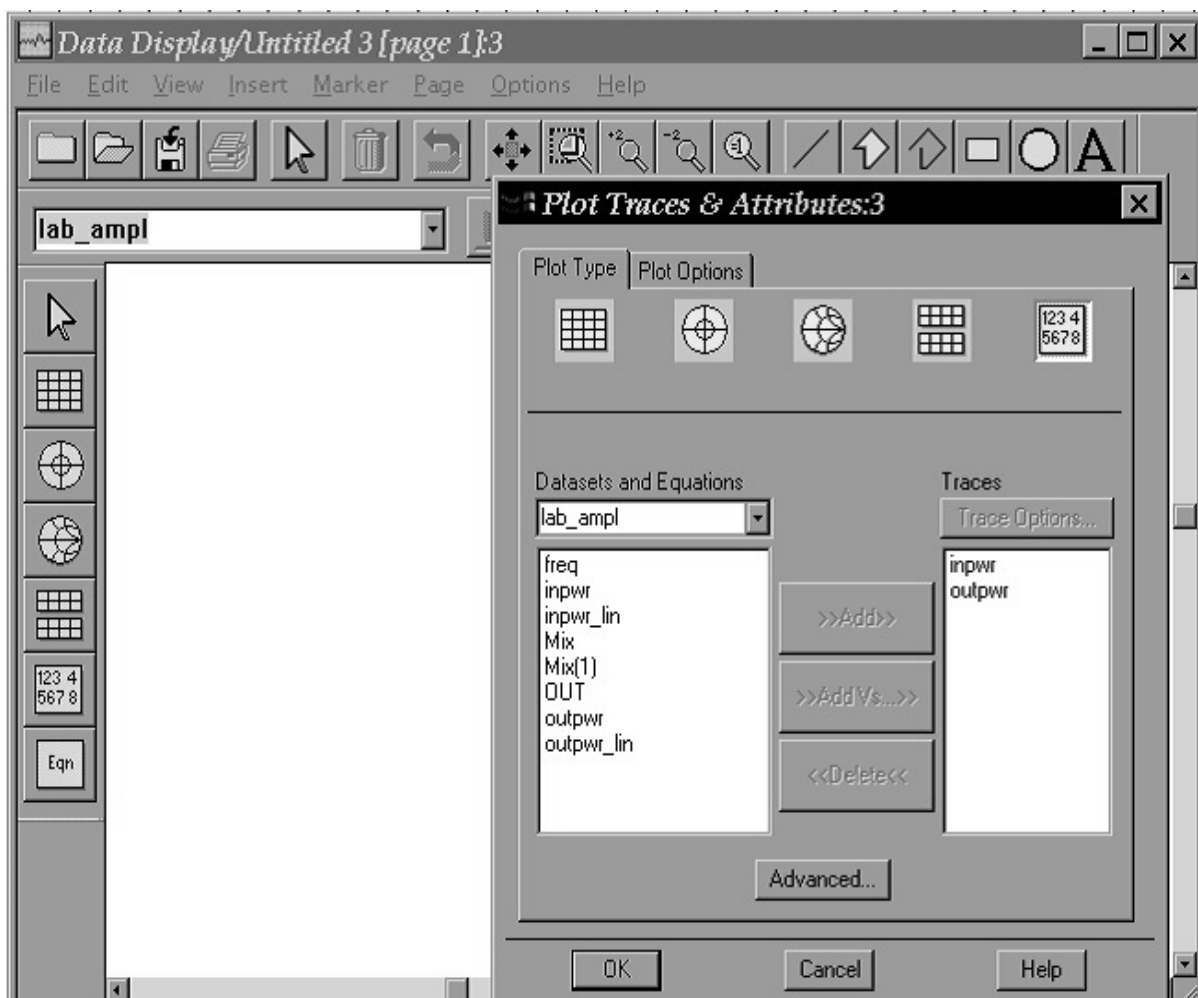


Рис.11. Окончательный схемный проект для анализа точки компрессии



freq	inpwr	outpwr
0.0000 Hz	-9.635 dBm	9.365 dBm

Рис.12. Вывод рассчитанных значений компрессии

### Оценка точки интермодуляции 3-го порядка

Последовательность действий по определению точки интермодуляции:

1. Для удобства параметризации схемы разместить блок описания переменных *Var*, как показано на рис.13.

2. На вход усилителя подключить источник многочастотного воздействия *Pn\_Tone* из группы *Sources\_Freq Domain* (рис.14) и параметризовать его переменными частотами и мощностью, указанными в блоке *Var*.

Var  
Eqn

```
VAR  
VAR1  
RF0=500 MHz  
Space=100 KHz  
RF1=RF0+(Space/2)  
RF2=RF0-(Space/2)  
pin=-50
```

Рис. 13. Задание параметров входных сигналов:  $RF0$  – центральная частота;  $Space$  – величина расстройки частот;  $RF1, RF2$  – частоты двухсигнального входного воздействия;  $Pin = -50$  dbm – мощность сигналов

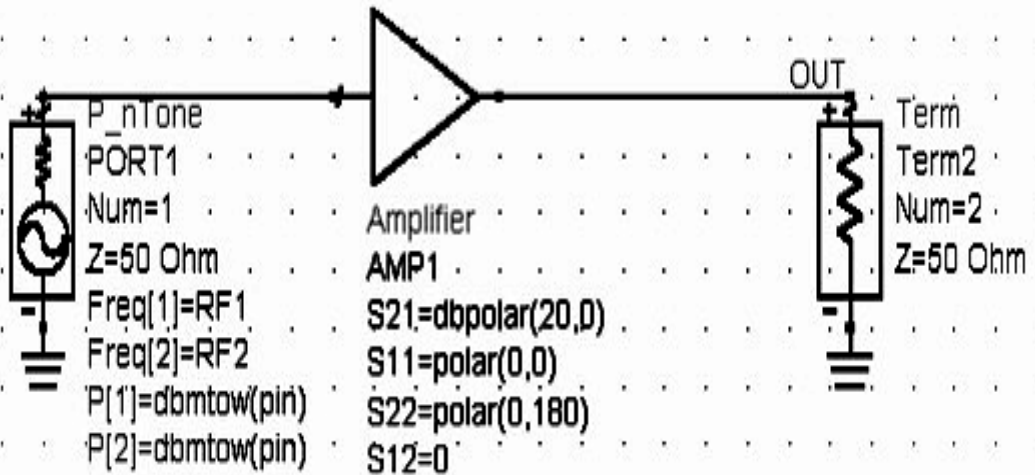


Рис. 14. Подключение двухчастотного источника входной мощности

3. Разместить контроллер гармонического баланса *HB* и определить базовые частоты как RF1 и RF2 с учетом не менее трех гармоник по каждой частоте (параметр *Order*) (рис.15).

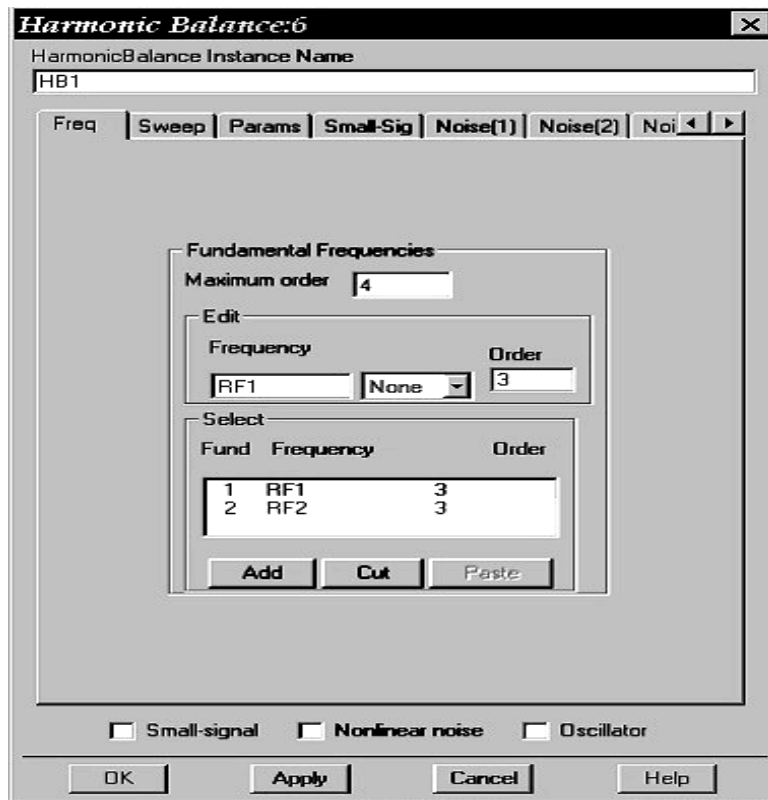


Рис.15. Параметризация контроллера гармонического баланса

Окончательный вариант схемного проекта приведен на рис. 16.

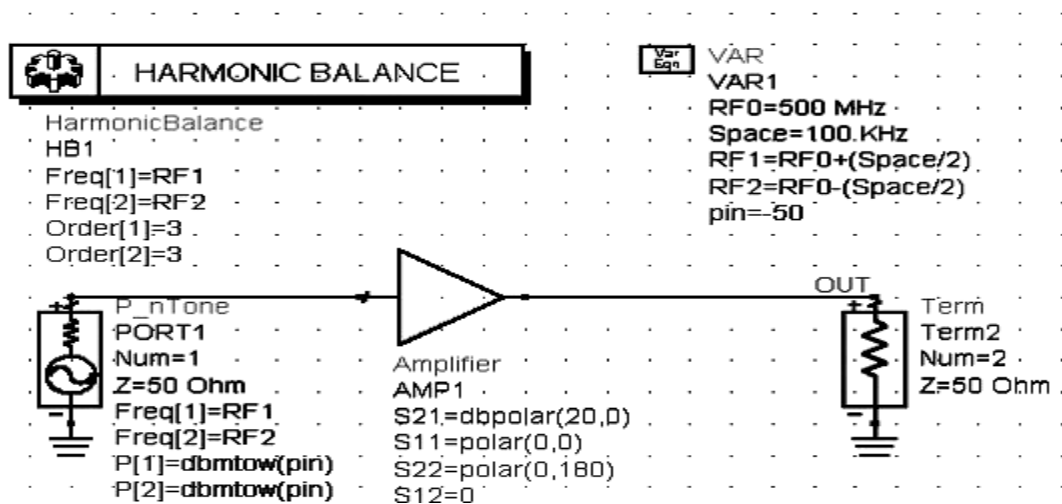


Рис.16. Схемный проект для спектрального анализа в режиме двухчастотного входного воздействия

4. Запустить проект на анализ (*Simulate>Simulate*).

5. Вывести спектр выходной мощности *Out* и с помощью опции *Plot Options* приложения вывода прямоугольной системы координат локализовать спектр в пределах границ  $RF-2*Space=499.8$  МГц и  $RF+2*Space=500.2$  МГц и установить маркеры, как показано на рис.17.

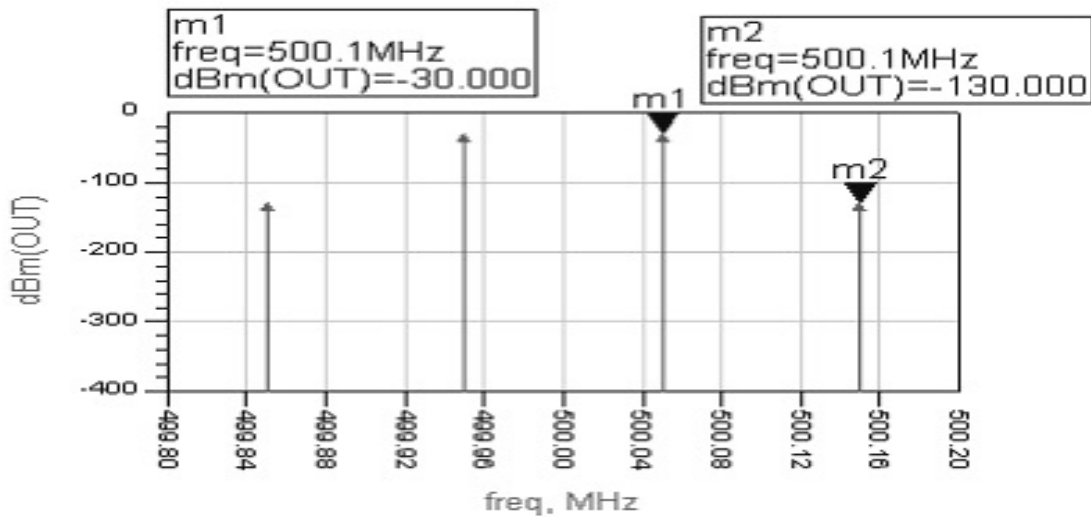


Рис.17. Спектр мощности на выходе усилителя в окрестности входных частот

6. Определить с помощью опции *Eqn* уравнение для оценки значения точки интермодуляции по выходу *TOI* (рис.18).

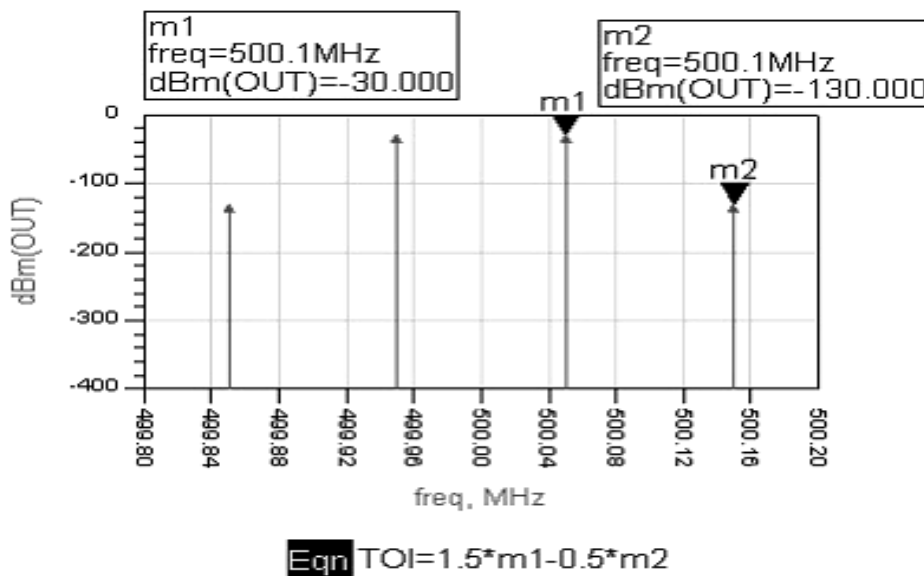


Рис. 18. Оценка параметра *TOI*

7. Выбрать табличную форму вывода. Найти в списке выводимых параметров *Datasets and Equations* группу *Equations*, а в ней выбрать параметр *TOI* (рис.19).

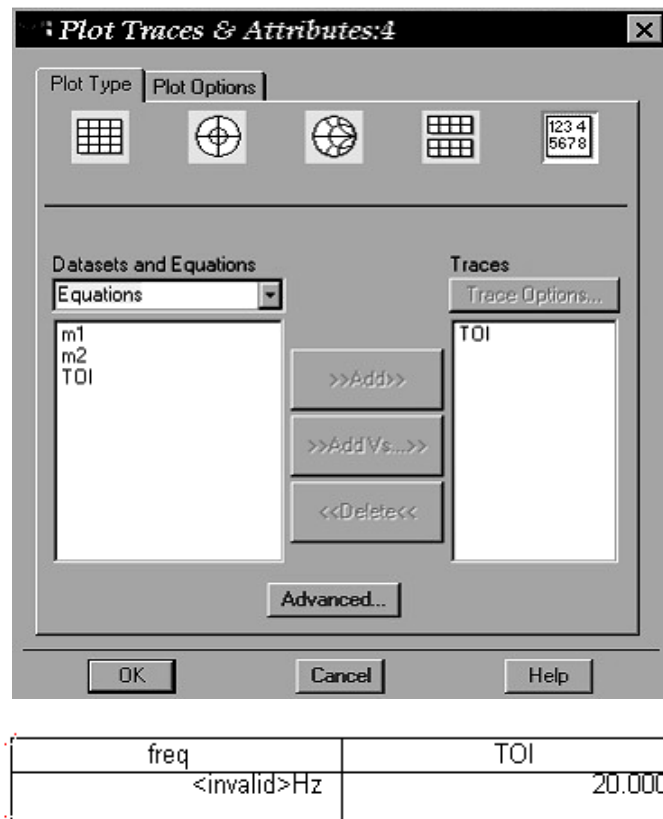


Рис.19. Вывод значения *TOI*

### Задание для самостоятельной работы:

1. Сформировать проект предложенной схемы УВЧ (принципиальная схема на дискретных элементах, монолитный усилитель из библиотеки и т.п.).

2. Включить во входную цепь УВЧ полосовой высокочастотный фильтр с полосой пропускания (несколько десятков мегагерц), соответствующей рабочим частотам усилителя (можно выбрать из библиотеки *System Library->Filters*).

3. Определить АЧХ УВЧ (S21). На основании нее определить коэффициент передачи и полосу пропускания УВЧ. Определить односигнальную избирательность по зеркальному и прямому каналам для заданных значений промежуточной частоты.



4. Определить коэффициент шума в полосе и за пределами полосы пропускания.
5. Определить спектр мощности выходного сигнала. Определить коэффициент передачи.
6. Определить точку компрессии по входу (P1дБ).
7. Определить точку интермодуляции 3-го порядка по выходу УВЧ.

**Варианты микросхем усилителей**, реализованные в библиотеке САПР ADS (раздел *System Library->Amplifiers*), для выполнения самостоятельной работы:

1. SA\_hp\_INA-02186\_19930601
2. SA\_hp\_MSA-0186\_19930601
3. SA\_hp\_MGA-86576\_19930601
4. SA\_hp\_MSA-0886\_19930601
5. SA\_qp\_QBH-261\_19930601
6. SA\_hp\_MSA-0786\_19930601

### **Содержание отчета:**

1. Краткое описание основных характеристик преселектора и УВЧ.
2. Исходные данные для моделирования и принципиальная схема анализируемого устройства.
3. Проекты и результаты моделирования.
4. Выводы по каждому пункту проведенных исследований.

## **Практическая работа № 2**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ**

**Цель работы:** освоение методики автоматизированного исследования характеристик смесительных каскадов РПУ.

## Основные рассчитываемые параметры:

- коэффициент преобразования;
- спектр выходной мощности;
- АЧХ;
- спектр выходной мощности.

## Основные используемые методы и виды анализа:

- метод гармонического баланса при двухчастотном воздействии с опцией метода подпространств Крылова;
- параметрический метод анализа систем с периодически меняющимися параметрами.

## Пример выполнения этапов исследований

Ниже приведены примеры выполнения оценок основных характеристик смесительного каскада в виде функционального блока.

*Пример формирования модели смесителя для спектрального анализа в режиме большого сигнала*

Ниже приведена последовательность действий по формированию модели смесителя.

1. Сформировать принципиальную схему устройства или параметризовать его функциональную модель (Mixer), как показано на рис. 20.

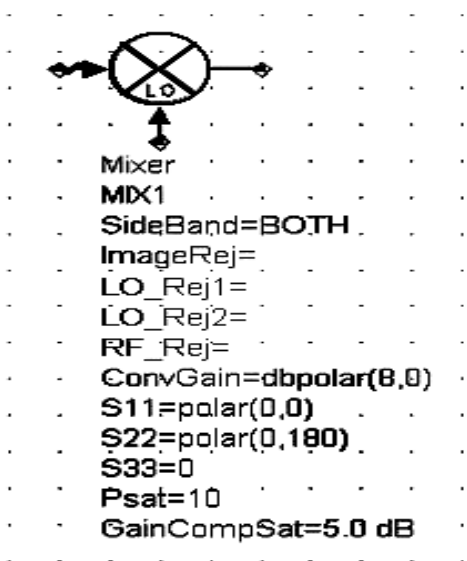


Рис. 20. Функциональная модель смесителя

2. Подключить к сигнальному и гетеродинному (LO) входам источники мощности гармонического воздействия (тип *Pl\_tone* группы *Sources\_Freq Domain*) и параметризовать их, как показано на рис. 21:

- частота гетеродина 1 ГГц;
- частота сигнала 0,95 ГГц;
- мощность гетеродина + 10 дБм;
- мощность сигнала -10 дБм.

3. К выходу смесителя подключить нагрузку - *Term*-компоненту (50 Ом) из группы *Simulation\_HV* и присвоить имя выходному узлу командой *Name Node* (например, *Out*), как показано на рис. 22.

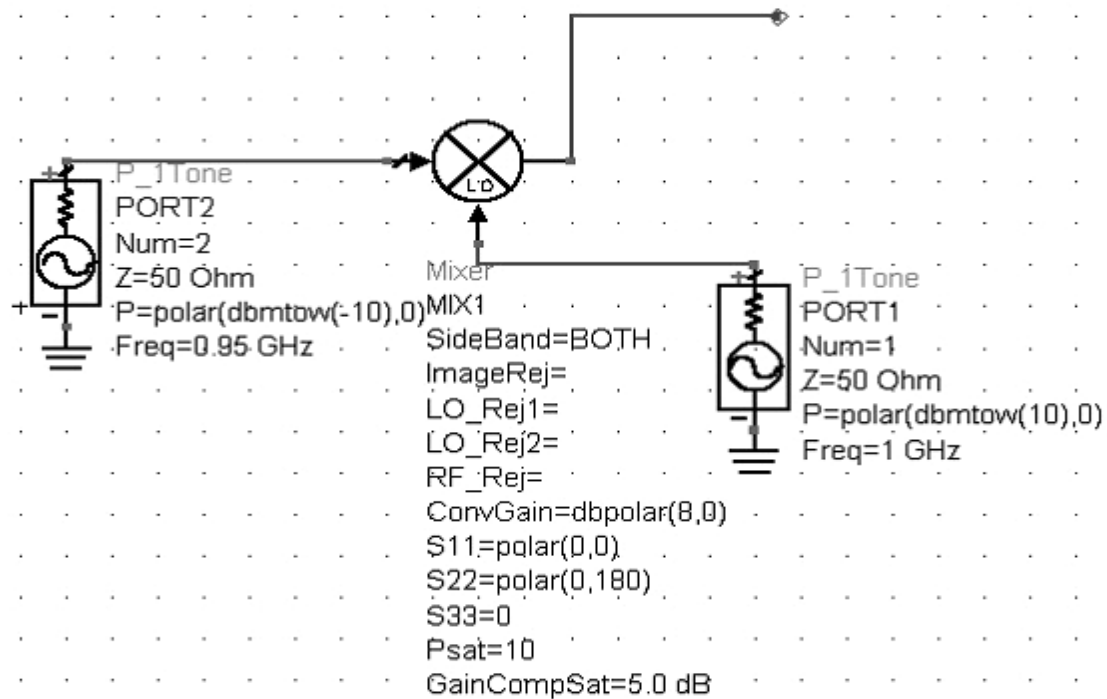


Рис. 21. Подключение сигнального и гетеродинного источников мощности

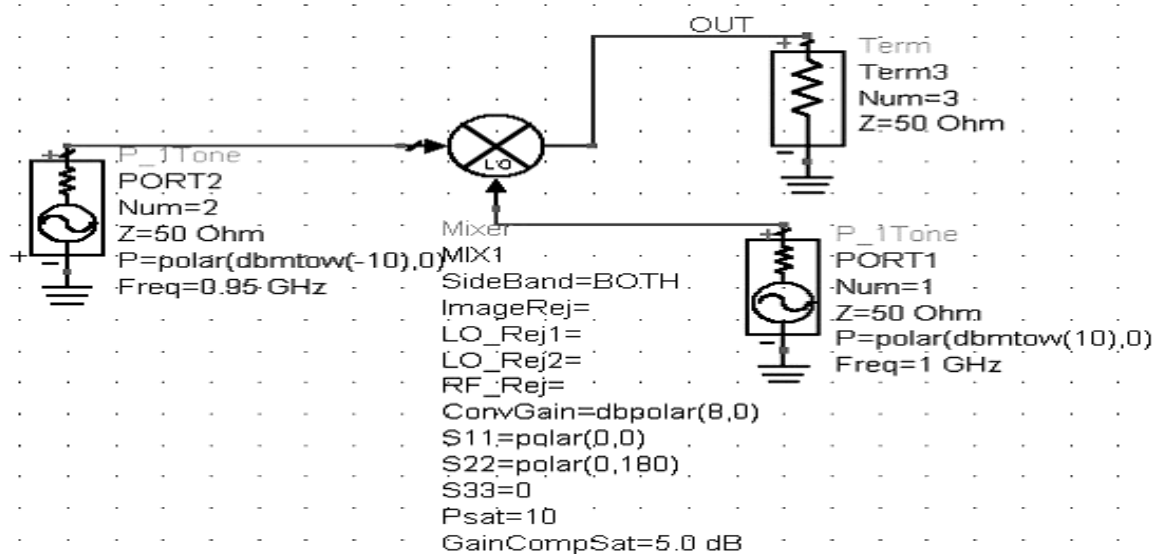


Рис. 22. Подключение нагрузки

4. Разместить контроллер метода гармонического баланса *HB* из группы *Simulation\_HB* (рис. 23) и установить следующие параметры:
  - FREQ[1]=1 GHz (частота гетеродина);
  - ORDER[1]=8 (количество гармоник по гетеродину);
  - FREQ[2]=0.95 GHz (частота входного сигнала);

ORDER[2]=2 (количество гармоник по сигналу);  
 MaxOrder=8 (максимальный порядок учитываемых комбинаций).

Установить опцию подключения метода Крылова командой *Solver>Krylov*, предназначенного для повышения эффективности выполнения анализа при большом количестве учитываемых спектральных составляющих.

5. Запустить проект на моделирование командой *Simulate>Simulate*.

6. Вывести спектр мощности сигнала (*dBm*) на выходе *Out* командой *Window>New Data Display*. Установить маркер (команда *Marker*) на выходную частоту (рис. 24), соответствующую разности частот гетеродина и сигнала, – 50 МГц. Определить коэффициент преобразования как разность между выходной мощностью на промежуточной частоте и входной мощностью источника сигнала (в децибелах).

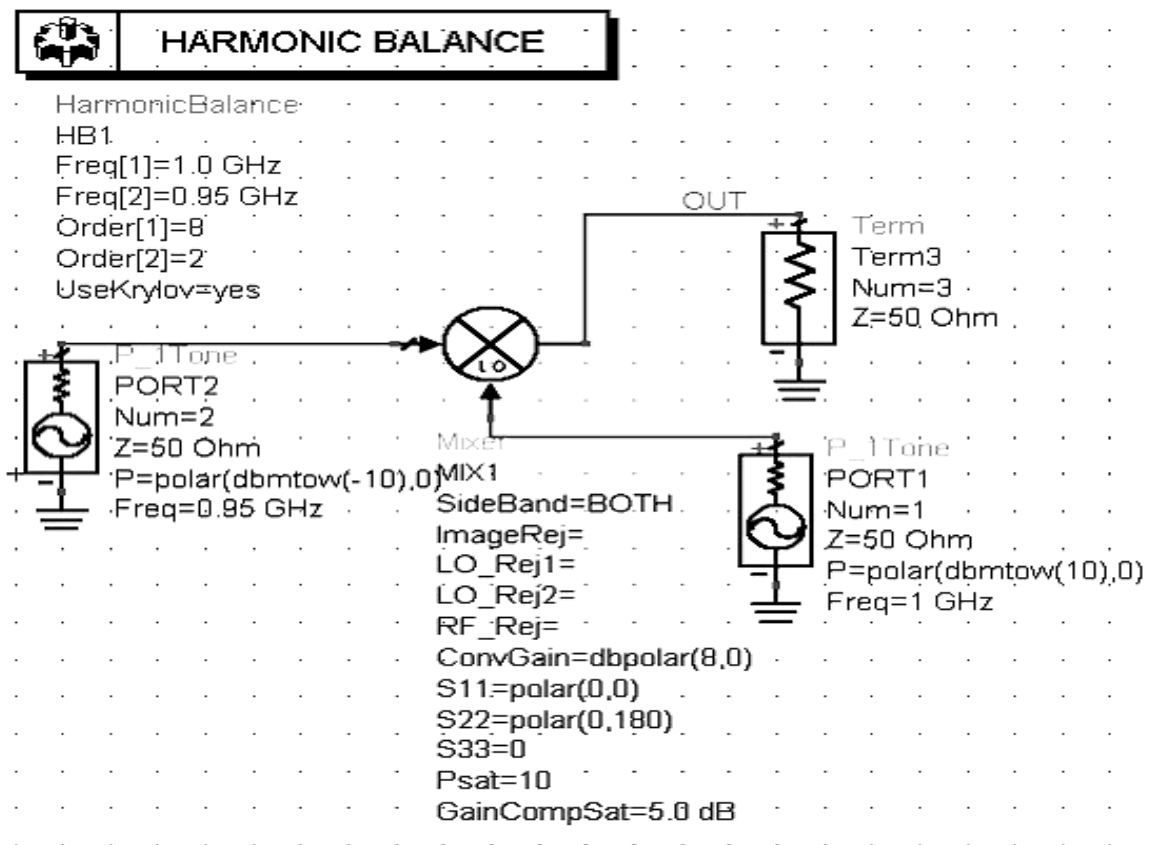


Рис. 23. Подключение контроллера гармонического баланса

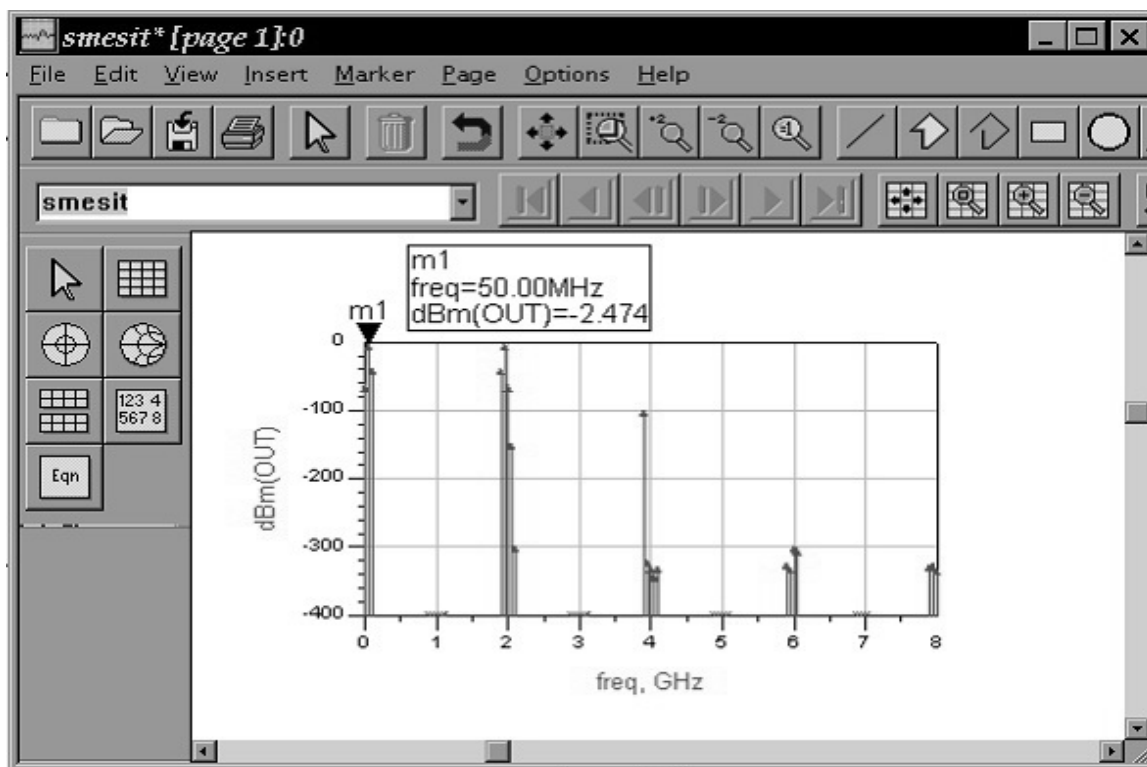


Рис. 24. Спектр мощности на выходе смесителя

*Пример анализа АЧХ смесителя параметрическим методом в малосигнальном режиме по входному сигналу*

Ниже приведена последовательность действий при анализе АЧХ смесителя:

1. Установить значение мощности входного источника сигнала  $P_{LSB} = -10$  dbm, означающее, что частота сигнала в данном случае будет меньше частоты гетеродина. Остальные параметры источника ( $P$ ,  $Freq$ ) не параметризовать (рис. 25).

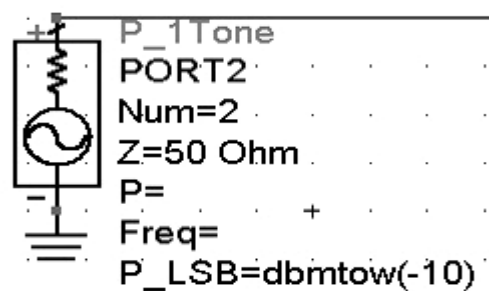


Рис. 25. Параметризация входного источника

2. В контроллере гармонического баланса (HB) выполнить параметризацию:

– установить частоту гетеродина 1 ГГц и восемь учитываемых гармоник, а также подключить опцию *Small Signal*, что будет означать использование параметрического метода (рис. 26). Следует помнить, что в данном случае амплитуда входного сигнала не будет влиять на

нелинейные искажения в смесителе и поэтому мощность сигнала должна быть не менее, чем на 20 дБ ниже мощности гетеродина.

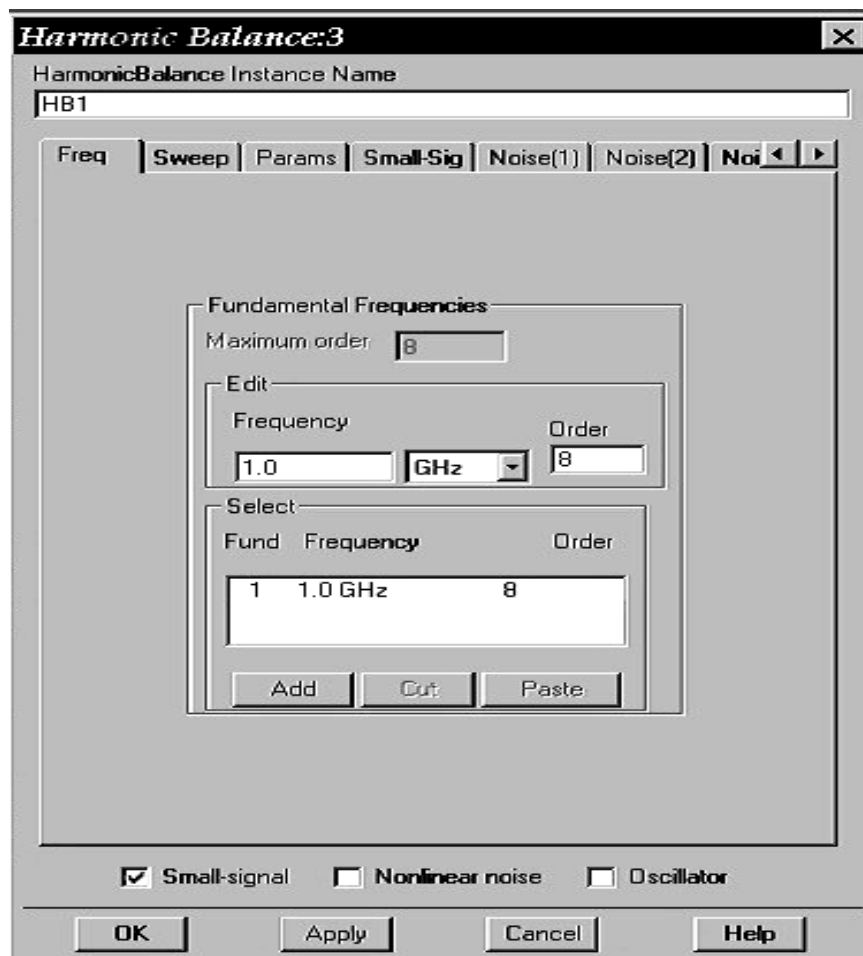


Рис. 26. Установка частоты гетеродина в контроллере HB

– установить начальное (1 МГц), конечное (100 МГц) значения промежуточной частоты и шаг ее изменения (1 МГц). Включить опцию *Use all small-signal frequencies* (рис. 27). Схемный проект для проведения анализа приведен на рис. 28.

3. Запустить проект на анализ (*Simulate>Simulate*).

4. В окне просмотра выходных результатов разместить блок *Eqn* и сформировать уравнение для расчета коэффициента преобразования (рис. 29). Здесь *SM.OUT[0]* – напряжение на выходе на нулевой частоте спектра, соответствующей разностной частоте (см. параметр *Mix*).

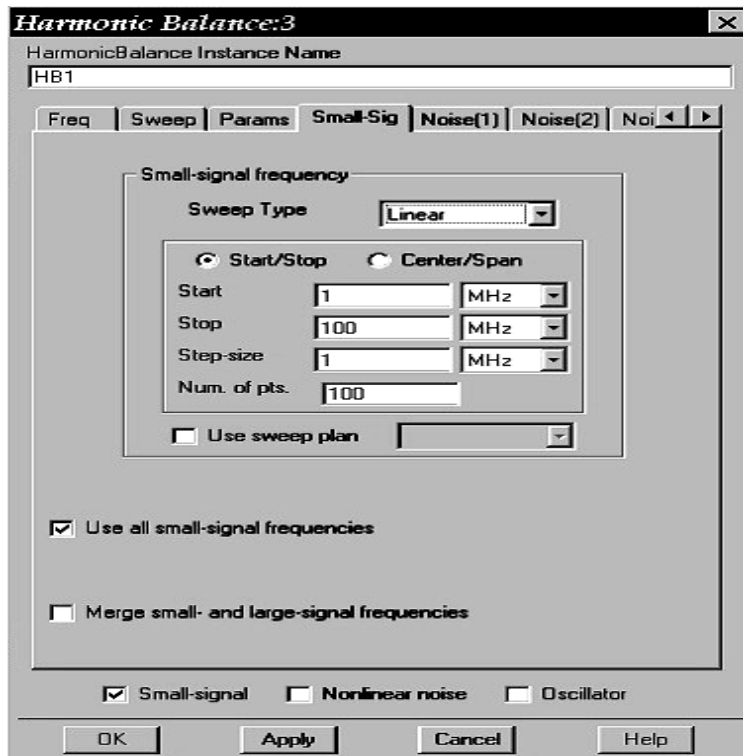


Рис. 27. Задание частотного диапазона изменения промежуточной частоты

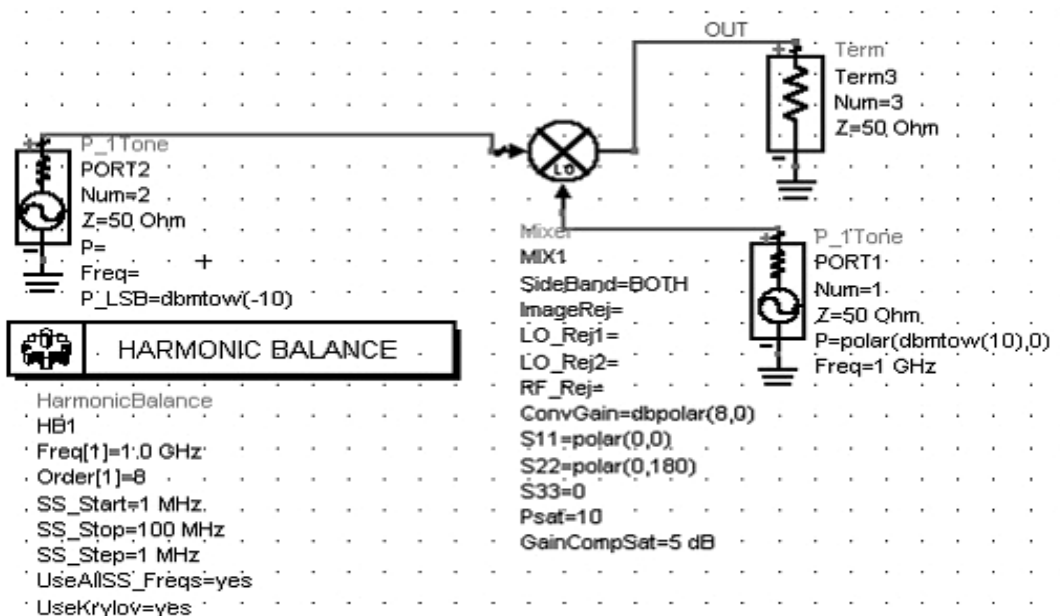


Рис.28. Схемный проект для анализа АЧХ смесителя

$$Eqn Kp=dbm(SM.OUT[0])-(-10)$$

Рис.29. Определение коэффициента преобразования

5. Вывести прямоугольную систему координат (рис.30). В поле *Data Set and Equation* выбрать *Equation>Kp* (ось ординат). Выполнить команду *Add Vs.* Выбрать в качестве независимой переменной сначала имя проекта, а затем переменную *ssfreq* (ось абсцисс).

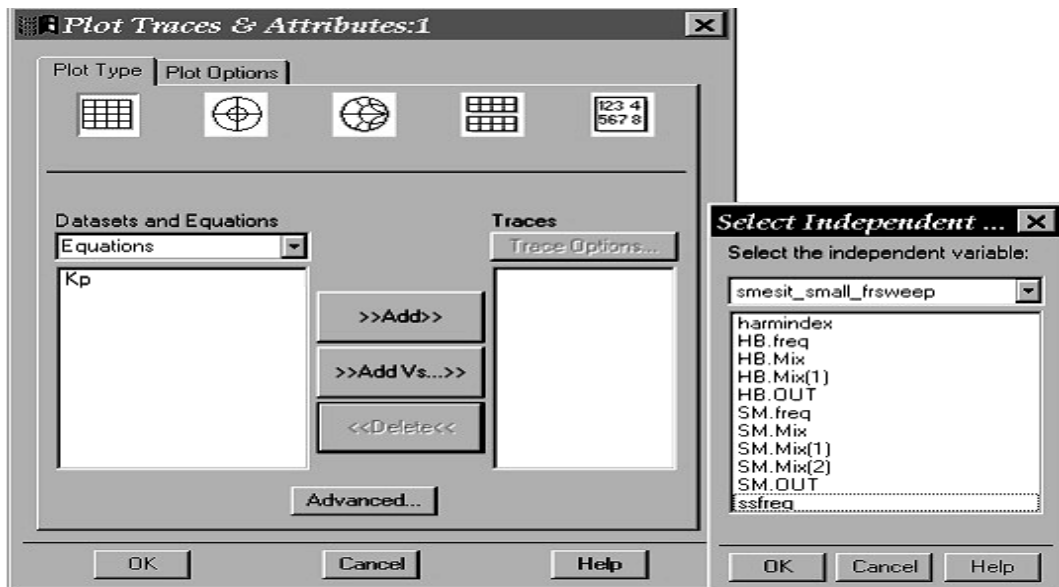


Рис. 30. Определение параметров графика АЧХ

Полученный график частотной зависимости коэффициента передачи приведен на рис. 31.

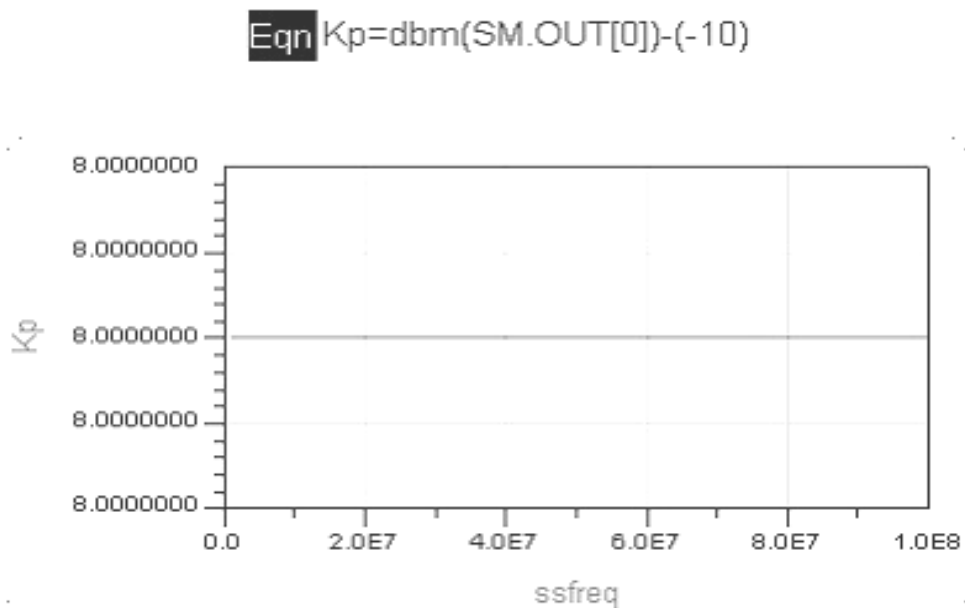
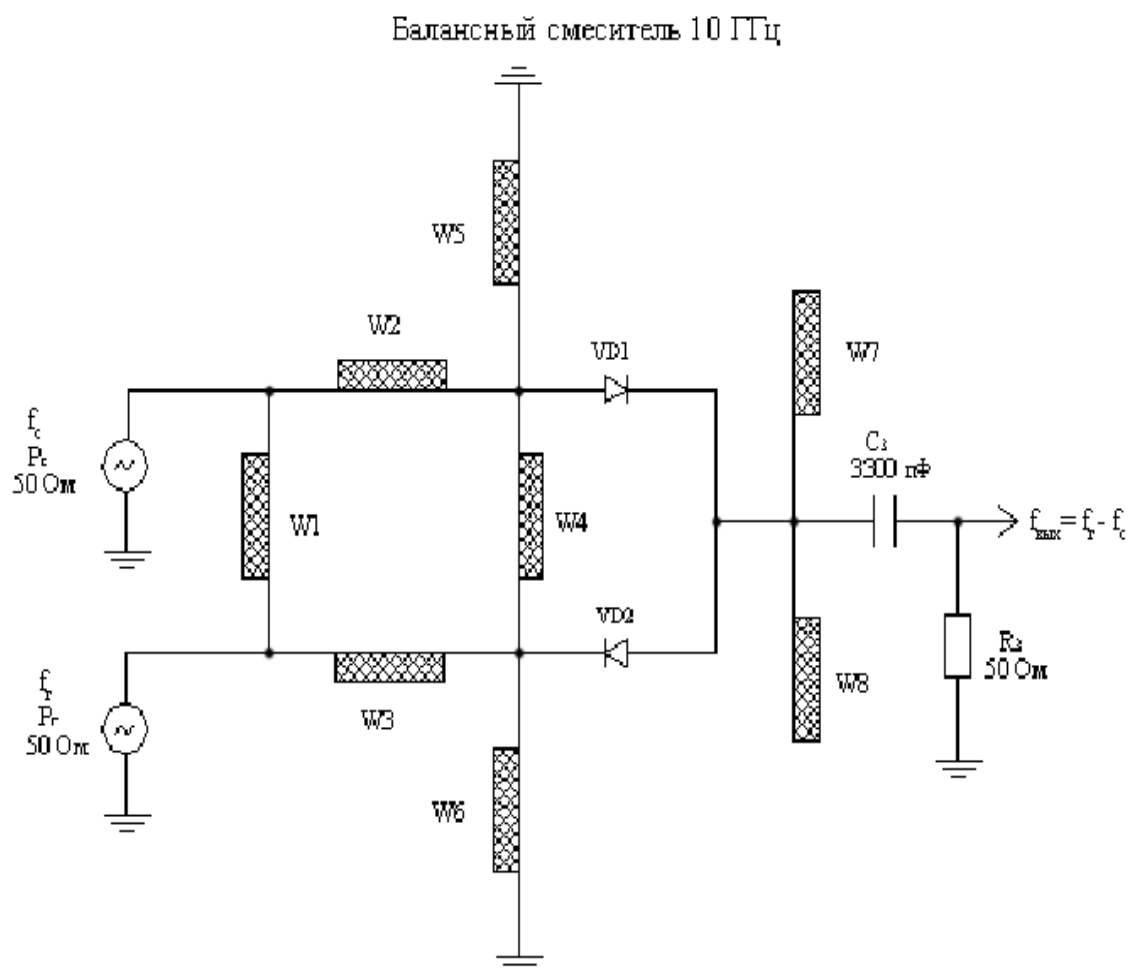


Рис. 31. АЧХ смесителя



### Задание для самостоятельной работы:

1. Сформировать схемный проект СВЧ смесителя на микрополосковых линиях (МПЛ), приведенного ниже (рис. 32). Для сокращения времени подготовки можно не включать модели нерегулярностей в микрополосковые структуры.



Обозначение на схеме	Ширина МПЛ, мм	Длина МПЛ, мм
W1, W4	0,5	2,8
W2, W3	0,9	2,5
W5, W6	0,1	2,8
W7, W8	1,2	2,7

Рис. 32. Схема балансного смесителя и размеры МПЛ

Параметры подложки: диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 9,8$ ; высота  $H = 0,5$  мм.

Параметры диодов  $VD1$ - $VD2$ : ток насыщения – 1 нА; сопротивление потерь – 5 Ом; барьерная емкость при нулевом напряжении смещения – 0,012 пФ.

Исходные параметры источников сигнала и гетеродина:

- мощность входного сигнала:  $P_c = -10$  дБм;
- мощность гетеродина:  $P_r = +10$  дБм;
- частота входного сигнала:  $f_c = 9,95$  ГГц;
- частота гетеродина:  $f_r = 10$  ГГц.

2. При включении в модель схемы диодов:

- выбрать диоды из группы компонент командой *Device\_Diodes>Diode* и разместить в топологии схемы (рис. 33);
- выбрать компоненту *Device\_Diodes>Diode M* описания модели диодов и указать заданные параметры (рис. 34).

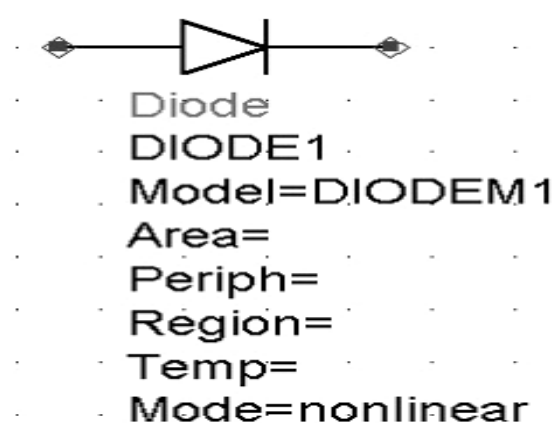


Рис.33. Топологическая компонента диода

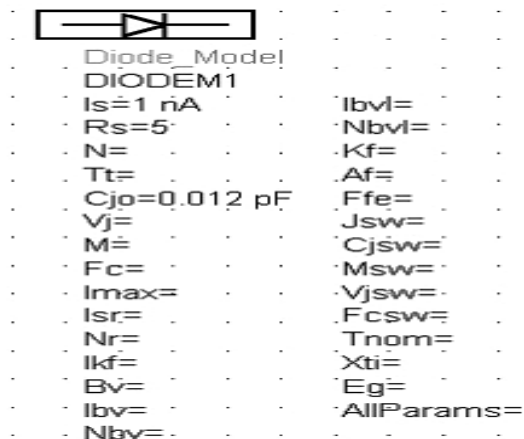


Рис. 34. Компонента установки параметров модели диода

3. При формировании микрополосковых структур использовать следующие компоненты из группы *Tlines-Microstrip*: *MSub* (параметры подложки); *MLin* (отрезок МПЛ); *MLOC* (разомкнутая на конце МПЛ); *MLSC* (замкнутая на конце МПЛ).

4. Определить спектр мощности на выходе смесителя. Определить коэффициент преобразования смесителя и коэффициенты подавления входного сигнала и гетеродина на выходе схемы.

5. Определить частотную зависимость коэффициента передачи в диапазоне изменения промежуточной частоты от 1 до 50 МГц параметрическим методом. Определить полосу пропускания смесителя по уровню 3 дБ.

#### **Содержание отчета:**

1. Краткое описание характеристик тракта преобразования частоты.
2. Исходные данные для моделирования и схема анализируемого устройства.
3. Проекты и результаты моделирования по каждому пункту проведенных исследований.
4. Выводы по каждому пункту проведенных исследований.

### **Практическая работа № 3**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ**

**Цель работы:** освоение методики анализа чувствительности и избирательности РПУ.

#### **Основные рассчитываемые параметры:**

- спектр мощности на выходе тракта промежуточной частоты (ПЧ);
- чувствительность РПУ;
- спектр выходной мощности;
- двухсигнальная избирательность по соседнему каналу.

#### **Основные используемые методы и виды анализа:**

- метод гармонического баланса при двухчастотном воздействии;
- метод огибающей.

## Пример выполнения этапов исследований

Ниже приведены примеры подготовки проектов в ADS для выполнения оценок основных характеристик последовательно включенных каскадов пре-селектора и тракта промежуточной частоты, представленных в виде функциональных блоков.

*Пример функциональной модели схемы супергетеродинного приемника для анализа спектра выходной мощности (напряжения), односигнальной избирательности по немодулированному сигналу*

Модель анализа приведена на рис. 35.

В состав модели схемы входят следующие компоненты:

- полосовой фильтр высоких частот (BPF1);
- УВЧ из библиотеки (Amp1);
- смеситель со встроенным гетеродином из библиотеки (Mix1);
- фильтр промежуточной частоты из библиотеки (S1).

В контроллере метода гармонического баланса заданы частоты гетеродина и сигнала с учетом трех гармоник по каждой частоте в комбинациях спектра.

Выходная мощность оценивается на промежуточной (разностной) частоте спектра.

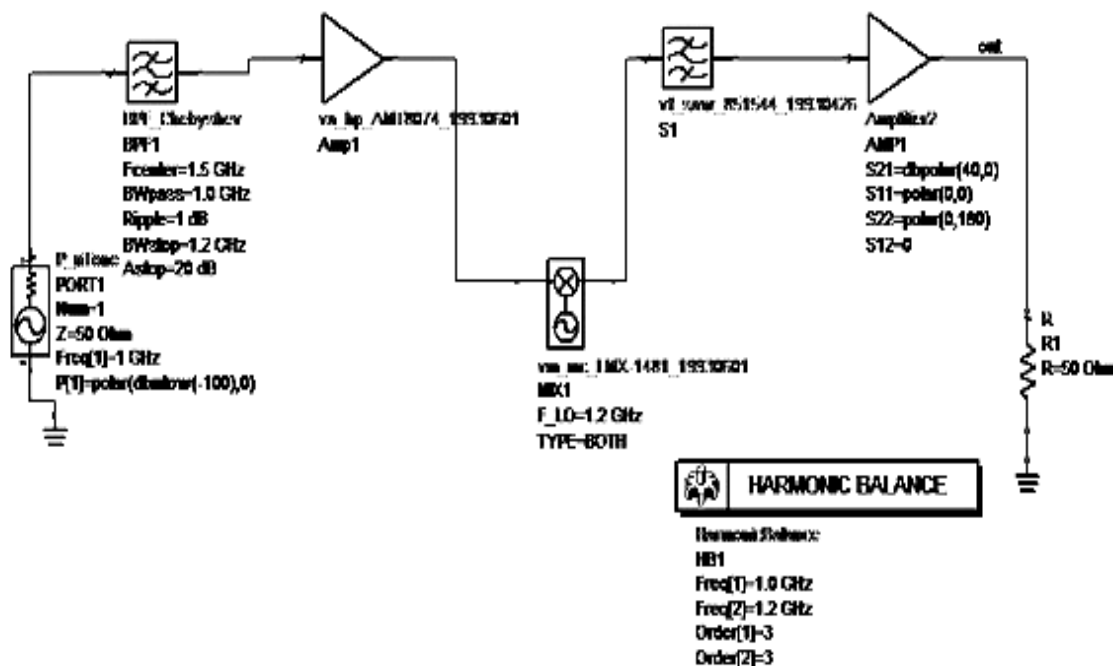


Рис.35. Модель для спектрального анализа и оценки односигнальной избирательности

Пример проекта схемы для проведения анализа чувствительности приведен на рис. 36.

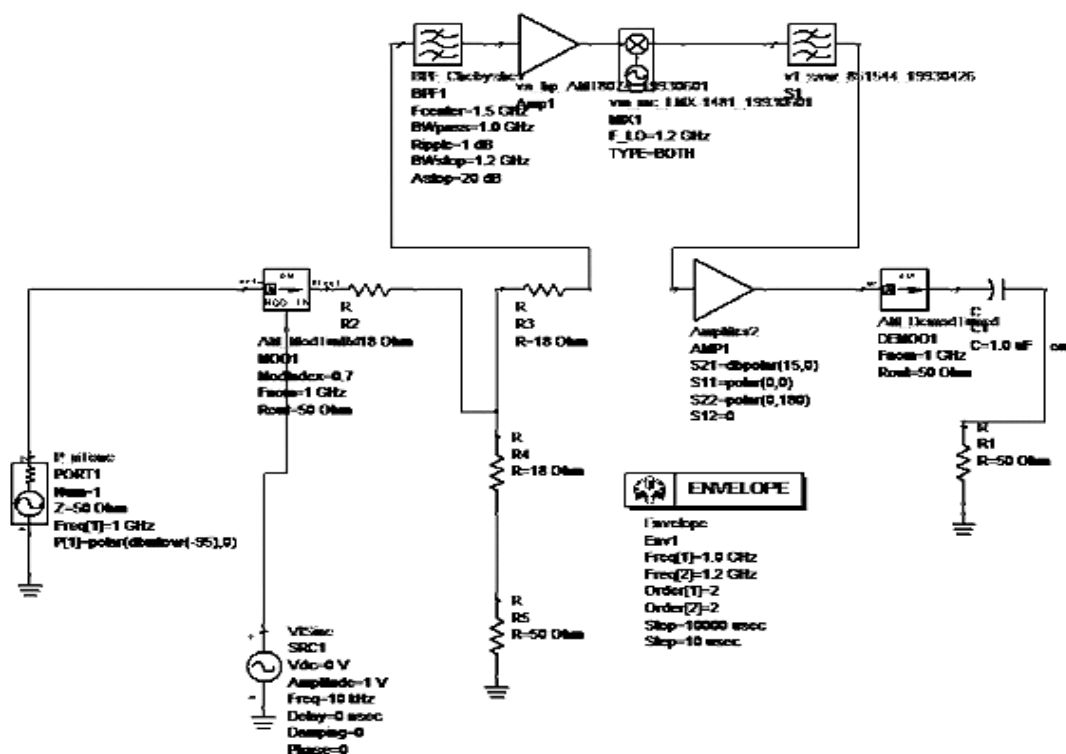


Рис. 36. Модель для анализа чувствительности

По сравнению с рис. 35 в схемную модель добавлены следующие компоненты:

- модулятор с амплитудной модуляцией (MOD1);
- источник модулирующего синусоидального сигнала (SRC1);
- согласующий блок сопротивлений (R2-R5), моделирующий сумматор сигналов;
- демодулятор (DEMOD1) с номинальной частотой, соответствующей промежуточной частоте.

В контроллере метода огибающей (Env1) заданы частоты сигнала и гетеродина с учетом двух гармоник и интервал анализа 10000 мкс, соответствующий 100 периодам модулирующего сигнала, достаточный для визуальной оценки качества выходного сигнала. Шаг анализа во времени (10 мкс) был выбран из соображений точности воспроизведения информационного сигнала (не менее 10 точек на периоде). Обязательно в контроллере включить опцию *turn on noise* для генерации собственных шумов.

После проведения анализа нужно вывести огибающую выходного сигнала *out* на нулевой частоте в базовой полосе частот (Baseband).

Уменьшать мощность входного высокочастотного сигнала нужно до тех пор, пока не будут наблюдаться искажения формы выходного сигнала. В данной схеме чувствительность оценивается для последующей оценки избирательности. Для определения инструментальной чувствительности согласующий блок на входе нужно убрать.

*Пример проекта для проведения анализа двухсигнальной избирательности с использованием модулированного сигнала и немодулированной помехи приведен на рис. 37.*

В данной модели в контроллере метода огибающей необходимо задать три частоты (сигнал, гетеродин и помеха). Шаг анализа во времени должен обязательно удовлетворять условию  $Step \leq 1/(4 \cdot |f_{\text{сигнала}} - f_{\text{помехи}}|)$ .

Установить мощность сигнала, больше на три дБм значения, полученного при анализе чувствительности. Увеличивать мощность помехи до тех пор, пока не будут наблюдаться искажения сигнала. Избирательность будет равна разности мощностей помехи и сигнала в дБм.

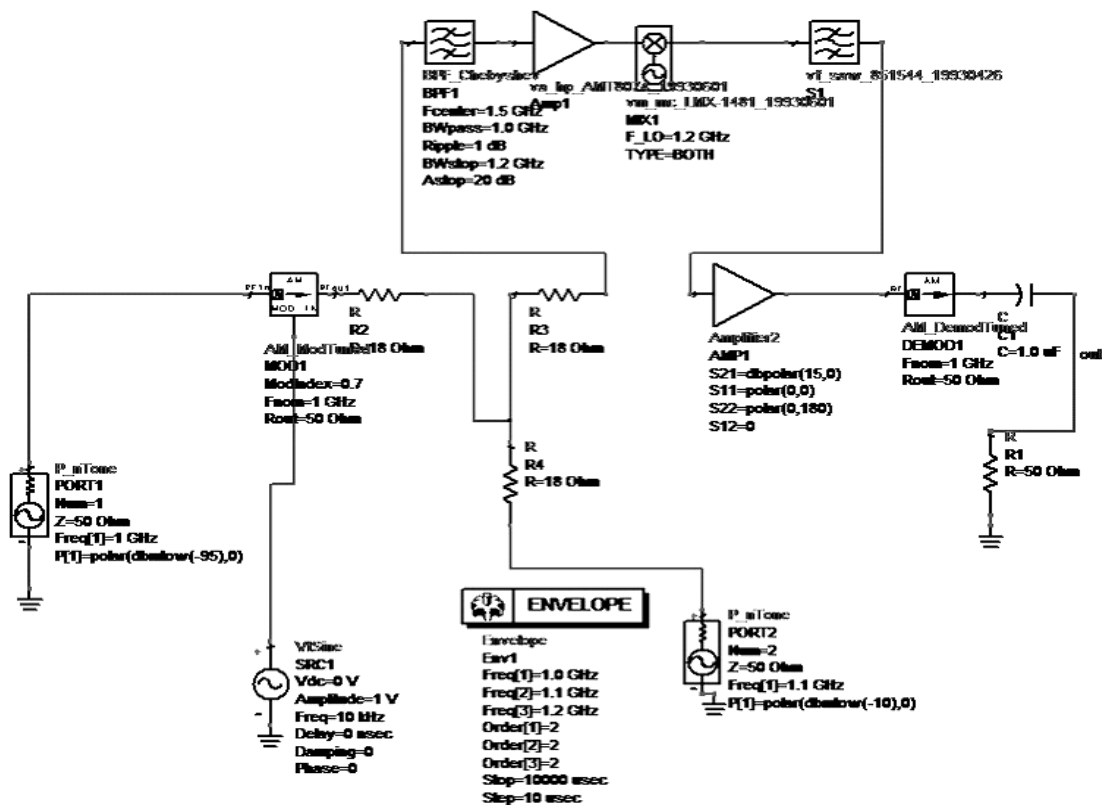


Рис. 37. Модель для анализа двухсигнальной избирательности

### Задание для самостоятельной работы:

1. Сформировать проект предложенной схемы РПУ на основании схемы преселектора из практической работы № 1, дополнив ее трактом ПЧ. Смеситель и ПЧ-фильтр (табл.1) взять из библиотеки САПР ADS при согласовании с преподавателем.

2. Определить спектр мощности выходного сигнала (см. рис. 35). Варьируя коэффициент передачи усилителя на выходе тракта ПЧ, добиться амплитуды выходного сигнала 500 мВ, что необходимо для нормальной работы демодулятора.

3. Определить чувствительность РПУ (см. рис. 36).

4. Определить двухсигнальную избирательность по соседнему каналу (см. рис.37).

### Варианты параметров и компонент для проведения исследований

Таблица 1

#### *Фильтры ПЧ и канальное разнесение*

№ варианта	Тип фильтра	Центральная частота, МГц	Полоса пропускания (BW), МГц	Отстройка частоты соседнего канала, МГц
1	SAWTEK 851539	70	0,155	0,35
2	SAWTEK 851541	70	0,18	0,4
3	SAWTEK 851542	70	0,56	1,2
4	SAWTEK 851543	70	0,82	2,0
5	SAWTEK 851901	140	0,56	1,5
6	SAWTEK 851902	140	0,77	2,0
7	SAWTEK 851903	140	1,04	2,5

Параметры фильтров высокой частоты (ФВЧ) преселектора, частоты модуляции и частота ПЧ представлены в табл. 2.

Таблица 2

*Параметры фильтров и сигналов*

№ вариан-та	Частота сигнала и центральная частота ФВЧ, МГц	Полоса пропускания ФВЧ, МГц	Частота модуляции, кГц	Частота ПЧ, МГц
1	1200	30	60	70
2	1500	20	80	70
3	1800	30	250	70
4	1900	80	350	70
5	1000	40	250	140
6	1600	55	320	140
7	900	20	450	140

Типы смесителей:

1. Mini-Circuit LRMS-2D
2. Mini-Circuit LRMS-5
3. Mini-Circuit RMS-5

**Содержание отчета:**

1. Краткое описание характеристик тракта ПЧ РПУ.
2. Исходные данные для моделирования и схема анализируемого устройства.
3. Проекты и результаты моделирования по каждому пункту проведенных исследований.
4. Выводы по каждому пункту проведенных исследований.

**РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Автоматизация проектирования радиотехнических устройств и систем : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / Владим. гос. ун-т; сост. А.С. Меркутов. – Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2004. – 92 с.
2. Головин, О. В. Радиоприемные устройства. / О.В. Головин – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 384 с. – ISBN 5-93517-071-X.
3. Колосовский, Е. А. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. пособие для вузов / Е. А. Колосовский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 456 с. – ISBN 5-93517-264-X.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Практическая работа № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ .....	4
Практическая работа № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ .....	17
Практическая работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ .....	27
Рекомендательный библиографический список .....	32

### УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Методическое руководство  
к практическим занятиям

Составитель  
МЕРКУТОВ Александр Сергеевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В.Н. Ланцов

Подписано в печать 20.09.12.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,86. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87