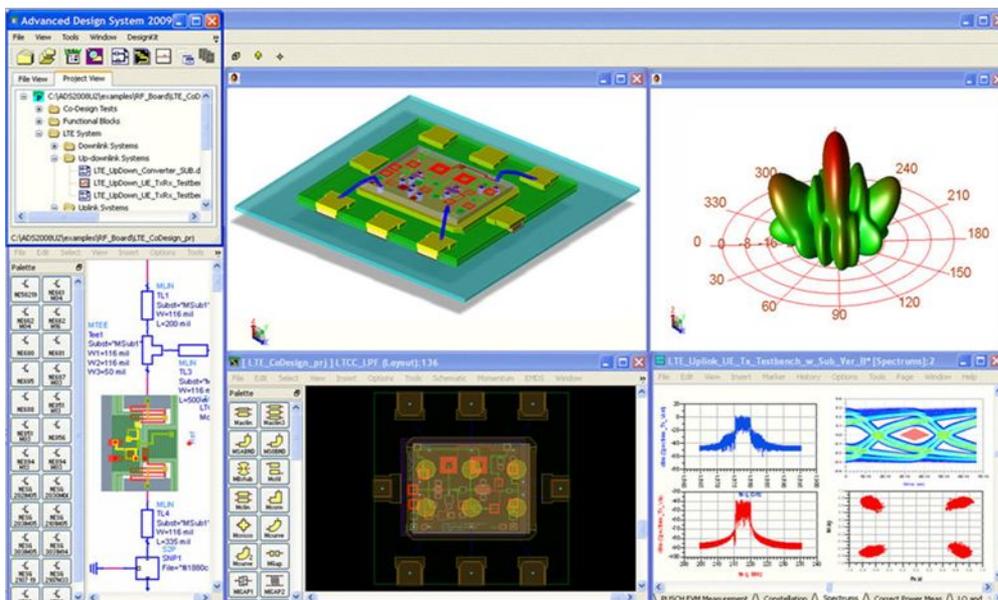


TEMA 2

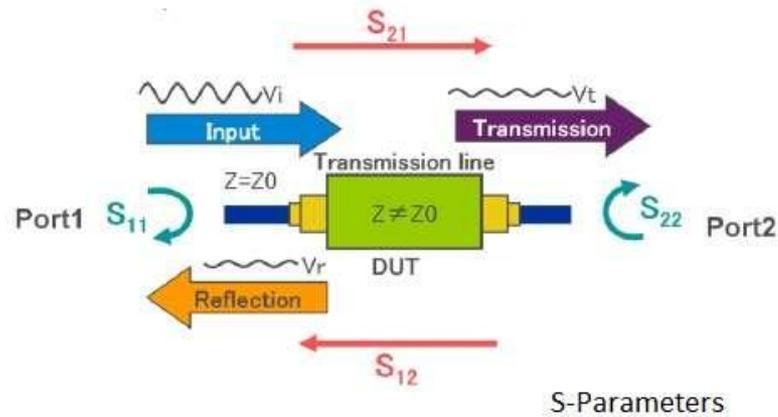
- S-параметры
- Harmonic balance
- Настройка параметров симуляции S-параметры и Harmonic Balance



S-PARAMETERS

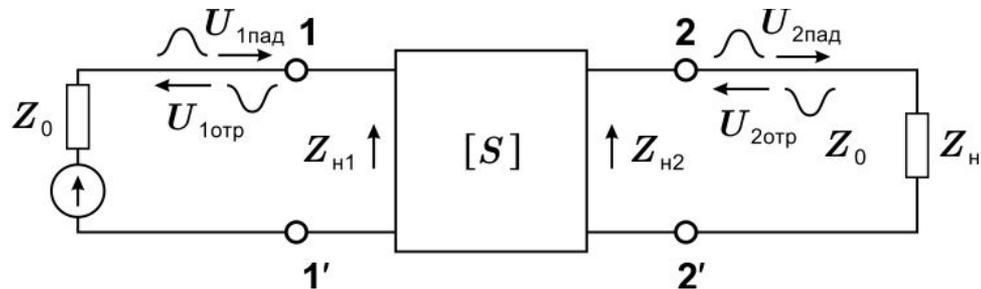
S-parameters Simulation component решает следующие задачи:

- Получить S-параметры компонента, схемы или подсхемы и преобразовать их в Z-, Y-параметры.
- Получить частотные характеристики S-параметров по отношению к любой измеряемой величине.
- Рассчитать групповое время задержки.
- Рассчитать шумовые характеристики.
- Смоделировать эффекты частотного преобразования с помощью малосигнальных S-параметров схем смесителей.



S-параметры определяются с помощью стандартного малосигнального анализа по переменному току. Обычно используются для расчета пассивных ВЧ СВЧ схем и компонент и активных приборов при фиксированном смещении.

 S-PARAMETERS



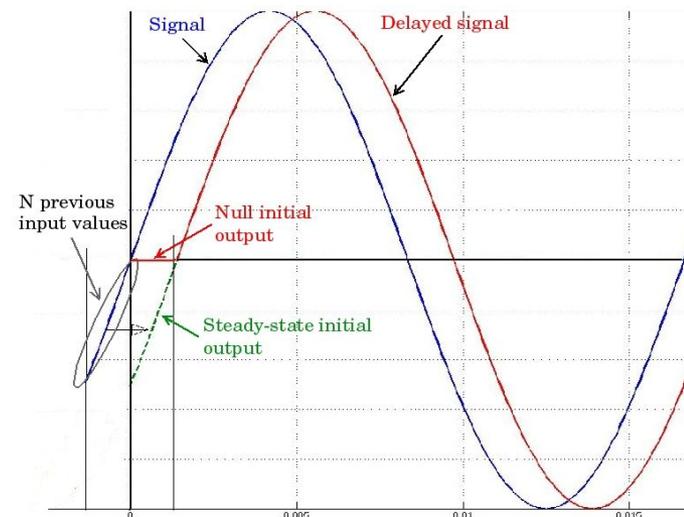
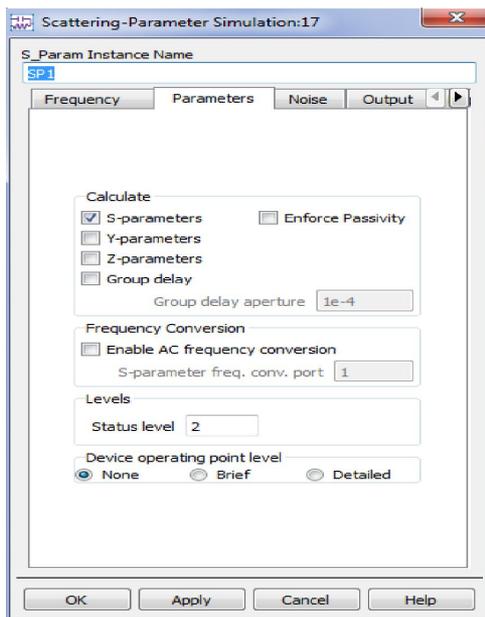
Определение группового времени задержки

Установить параметры изменения частоты.

Открыв компоненту S – parameter Simulation, выбрать опцию Parameters>Group Delay.

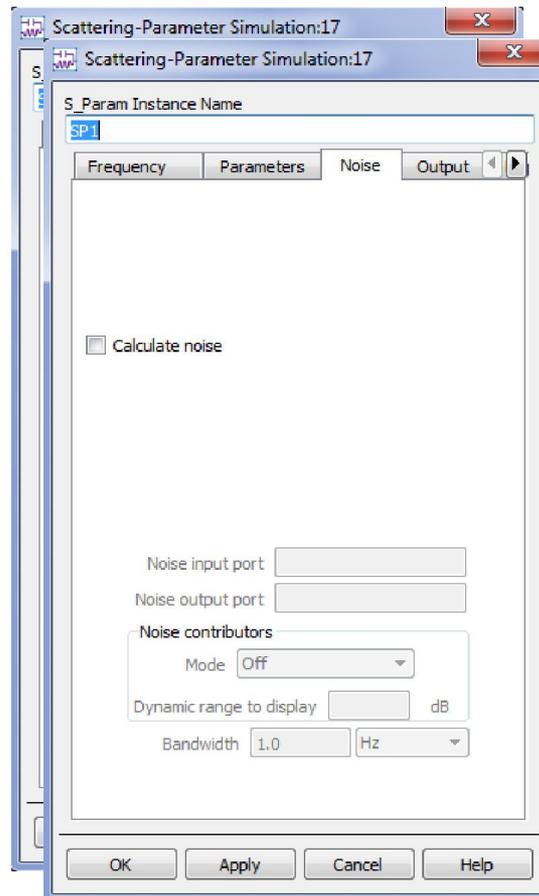
Кликнув “ОК”, сохранить изменения и закрыть диалоговое окно.

Запустить проект на анализ (Simulate>Simulate). Вывести график группового времени задержки, идентифицируемой строкой “DELAY”.



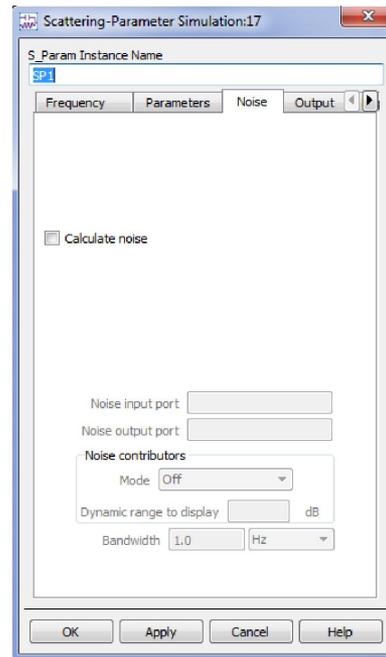
3. Определение шумовых характеристик

Оценка линейных шумов становится доступной при использовании пункта **Noise** в меню **S_Param Simulation Component** (описание этой опции – см. Тему 3 пункт **Noise**).



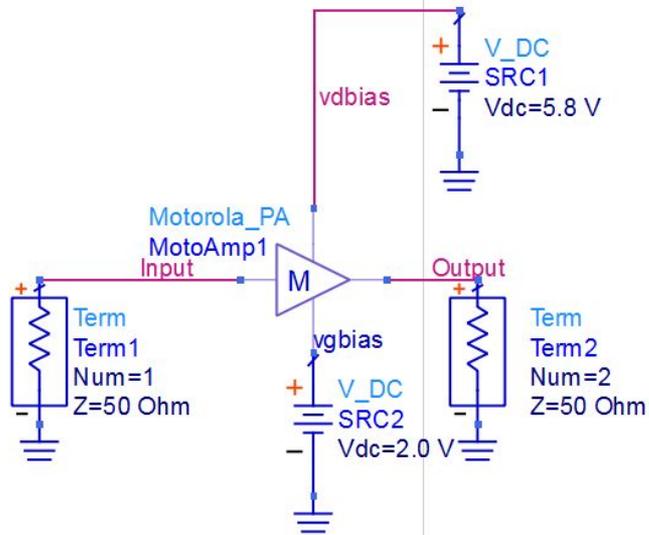
Установить частоты анализа.

Открыть меню S-Parameter Simulation Component и выбрать пункт Noise. Затем выбрать опцию Calculate Noise.



В поле Edit ввести имена узлов, для которых необходимо провести расчет и вывести результаты.

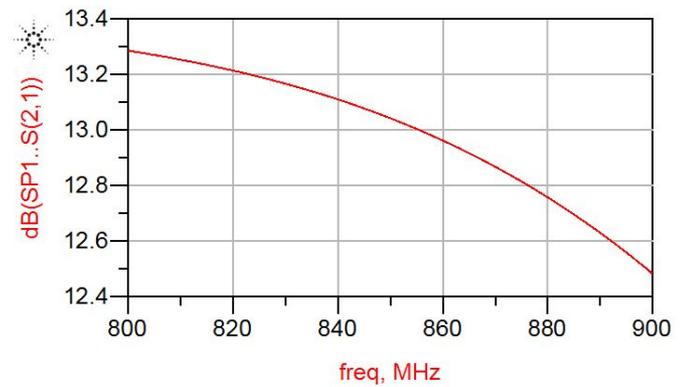
Используя меню пункта Mode, провести сортировку элементов, вклады шумов от которых выводятся.

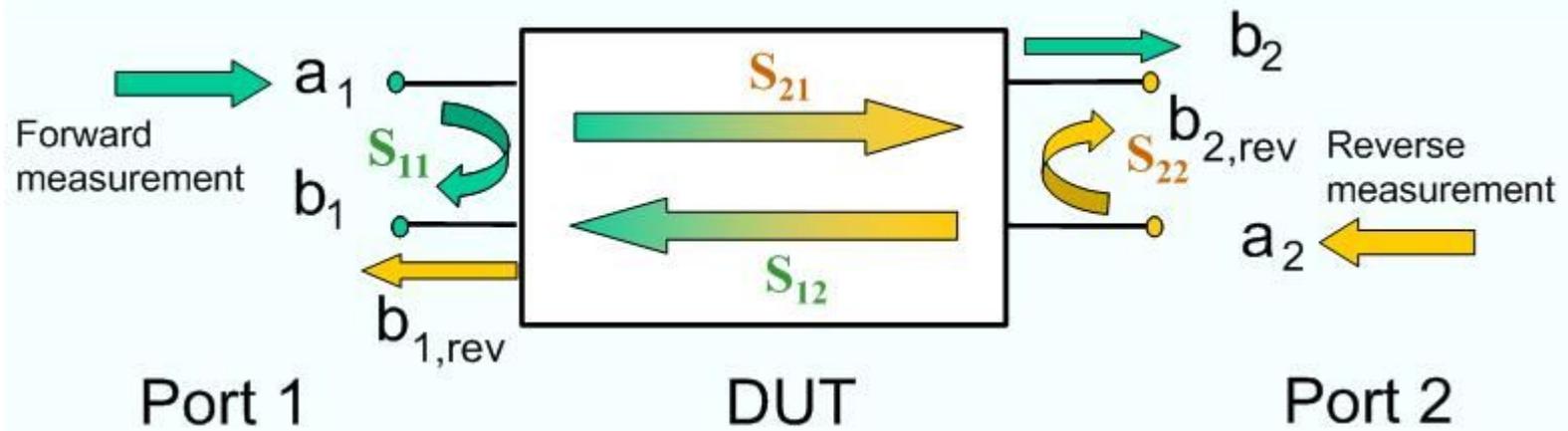


 **S-PARAMETERS**

S_Param
SP1
Start=800 MHz
Stop=900 MHz
Step=1 MHz

This simulation takes about 5 seconds.

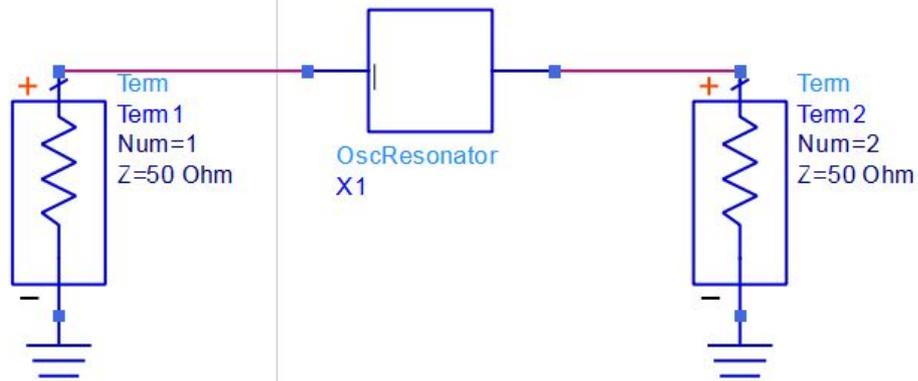




$$b_1 = a_1 s_{11} + a_2 s_{12}$$

$$b_2 = a_1 s_{21} + a_2 s_{22}$$

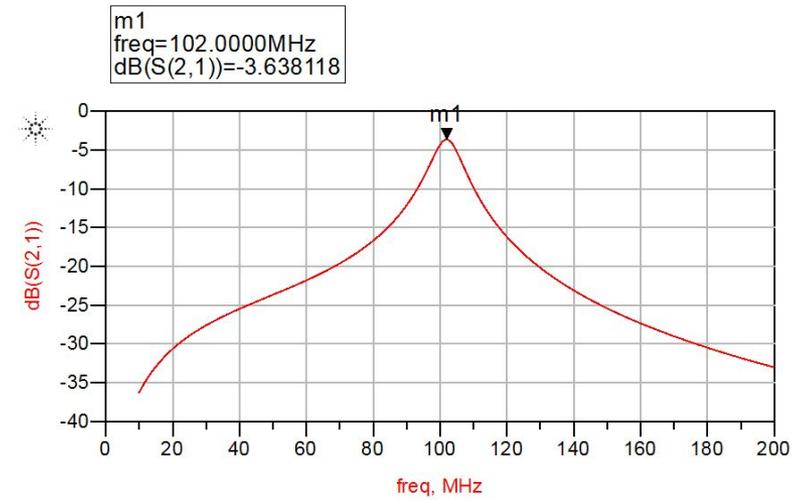
$$\begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{12} - s_{11} & s_{22}/s_{21} & s_{11}/s_{21} \\ -s_{22}/s_{21} & 1/s_{21} \end{bmatrix}$$



S-PARAMETERS

S_Param
 SP1
 Start=10 MHz
 Stop=200 MHz
 Step=.1 MHz

This simulation takes about 4 seconds.



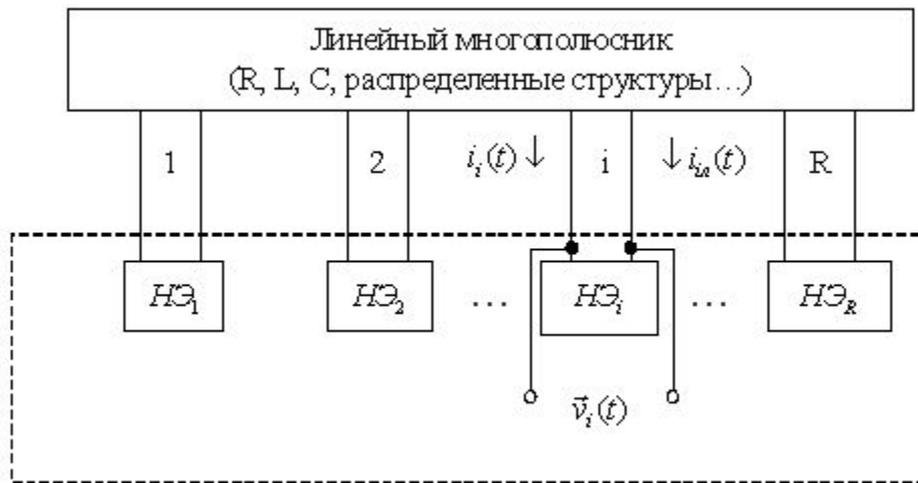
МЕТОД HARMONIC BALANCE

Применяется при проектировании:

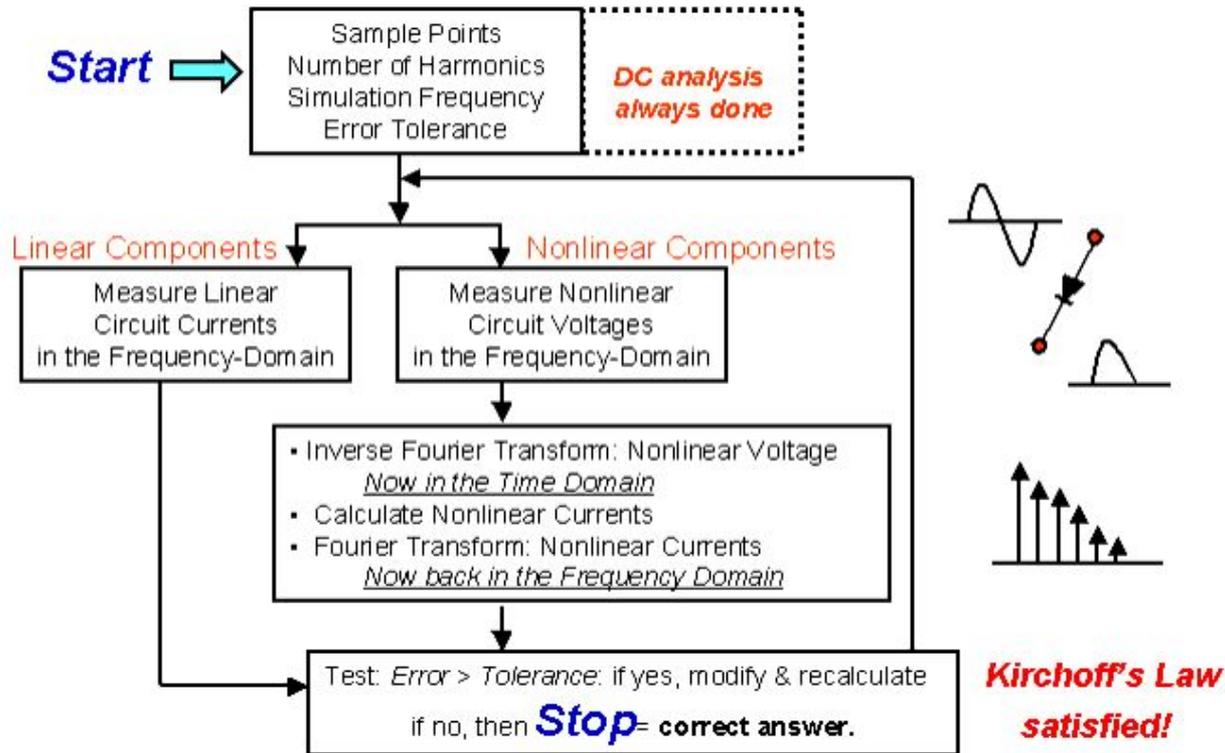
- усилителей
- смесителей
- генераторов

Реализованный в данной системе метод подпространств Крылова позволяет существенно уменьшить требуемую память ЭВМ и увеличить скорость расчета по сравнению со стандартными подходами.

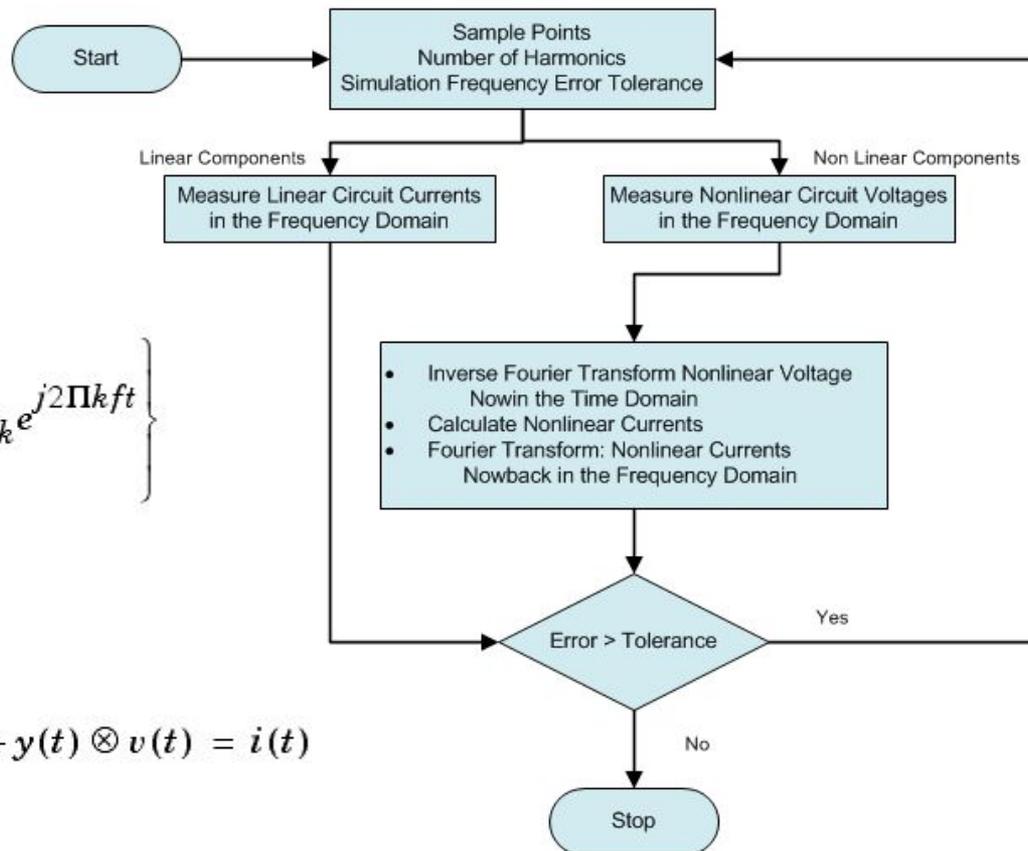
Суть метода ГБ заключается в представлении токов и напряжений в схеме в виде ограниченных тригонометрических полиномов, а самой схемы - в виде комбинации линейного многополюсника (ЛМП) и нелинейных элементов



Harmonic Balance Simulation Flow Chart



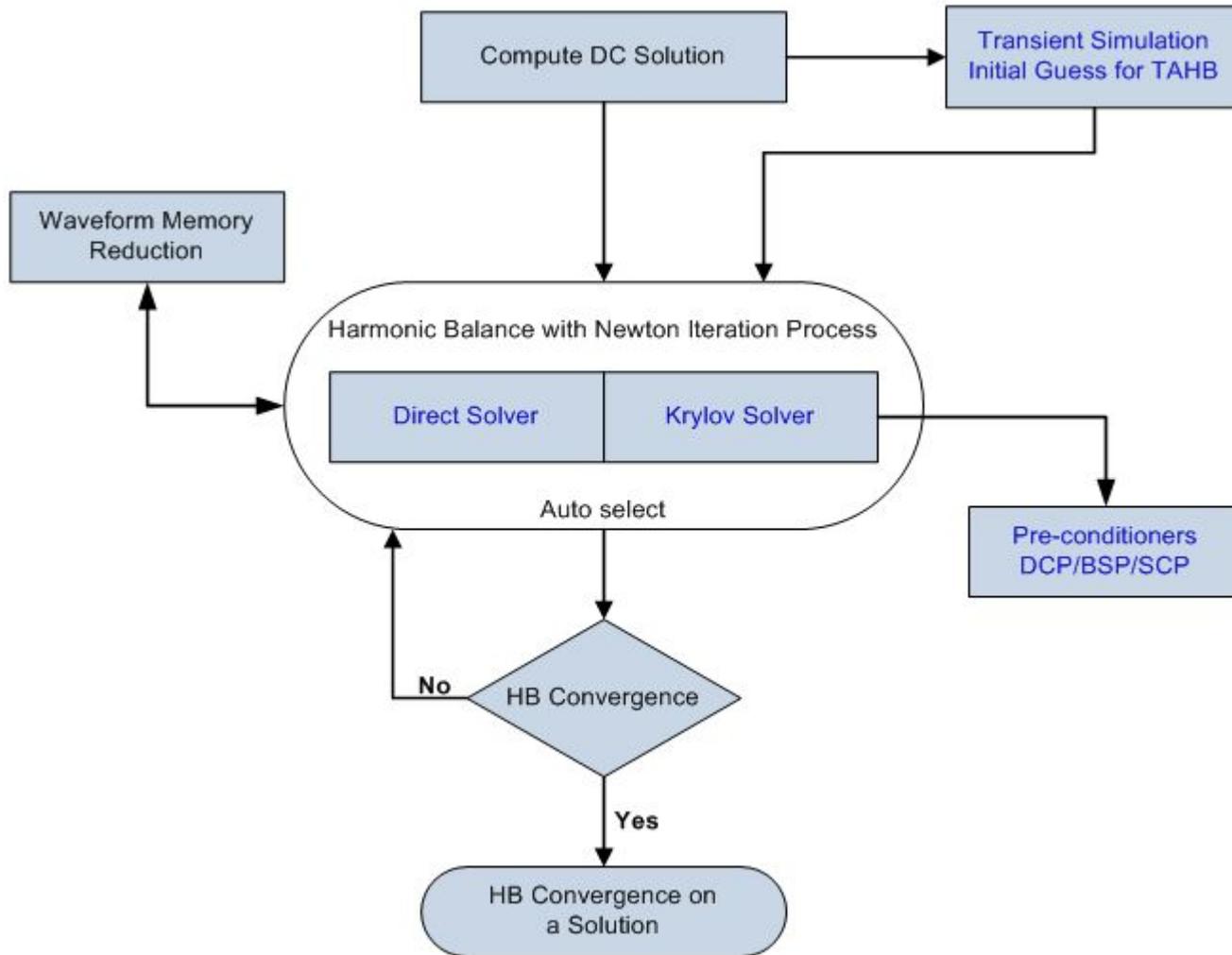
DC Analysis is always done



$$v(t) = \text{Real} \left\{ \sum_{k=0}^K V_k e^{j2\pi kft} \right\}$$

$$g(v(t)) + \frac{d}{dt}q(v(t)) + y(t) \otimes v(t) = i(t)$$

$$v(t) = \text{Real} \left\{ \sum_{k_1=0}^{K_1} \sum_{k_2=0}^{K_2} \dots \sum_{k_n=0}^{K_n} V_{k_1, k_2, \dots, k_n} e^{j2\pi(k_1f_1 + \dots + k_nf_n)t} \right\}$$



Component Palette List поддерживает следующие опции НВ:

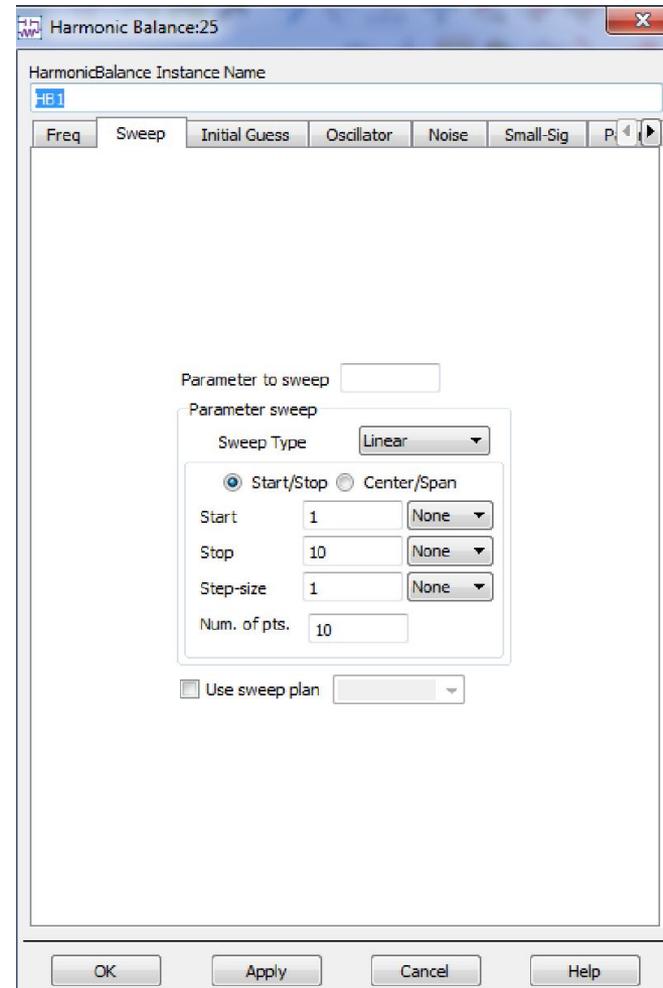
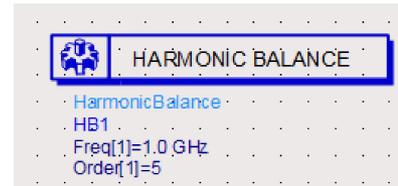
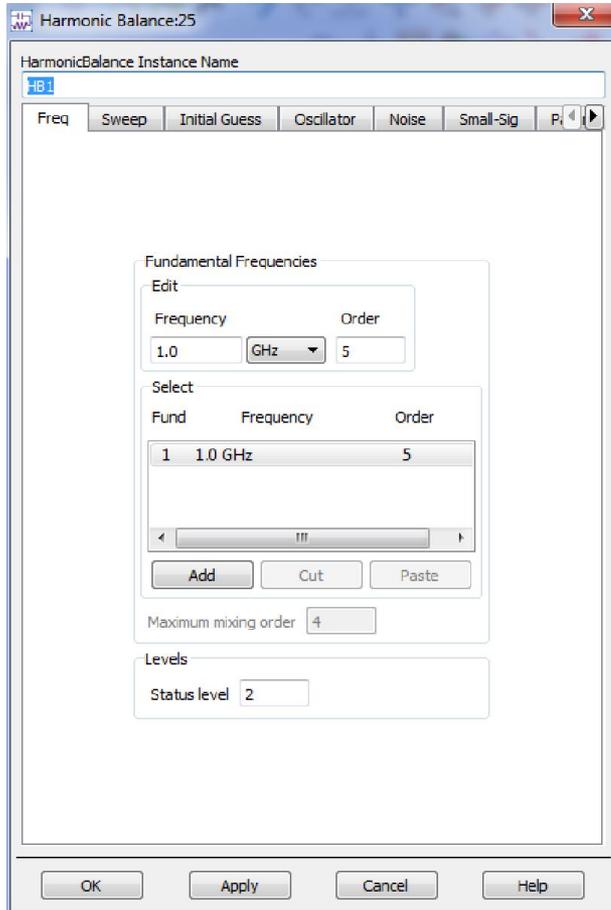
- **Simulation – НВ – базовый метод ГБ.** Эта компонента используется для решения следующих задач: определение спектров напряжений, токов, и как производных от них точки P1, суммарных искажений, интермодуляционных компонент, анализ нагрузочных характеристик усилителей, нелинейный шумовой анализ.
- **Simulation – LSSP – расчет S-параметров в режиме большого сигнала методом ГБ для таких устройств, как мощные усилители, смесители.** Чтобы записать результаты расчета в файл, нужно использовать Amplified – P2D – компоненту в меню Amplified & Mixers palette.
- **Simulation – XDB – автоматическое определение точки сжатия передаточной характеристики усилителя или смесителя (обычно, относительно уровня 1дБ) путем изменения мощности входного сигнала.**

Krylov – позволяет более эффективно проводить анализ схем при большом количестве нелинейных элементов и учитываемых спектральных компонент (модификация метода ГБ).

Small-signal mode (недоступна в LSSP-симуляторе) – позволяет анализировать параметрические устройства, находящиеся под воздействием сильного управляющего и слабого входного гармонических сигналов (смесители). Параметры анализа устанавливаются опцией **Small-Sig**.

Nonlinear noise – анализ нелинейных шумовых характеристик проводятся опцией **Noise**.

Oscillator – анализ автогенераторов, включая определение фазовых шумов, поддерживается установкой значений поля **Oscport** пункта **Osc**.



HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
HB1
Freq[1]=1.0 GHz
Order[1]=5

Harmonic Balance:25

HarmonicBalance Instance Name
HB1

Freq Sweep Initial Guess Oscillator Noise Small-Sig P

Transient Assisted Harmonic Balance
 Auto On Off
Advanced Transient Settings...

Harmonic Balance Assisted Harmonic Balance
 Auto On Off

Initial Guess
 Use Initial Guess File
 Regenerate Initial Guess for ParamSweep (Restart)

Final Solution
 Write Final Solution File

OK Apply Cancel Help

Harmonic Balance:25

HarmonicBalance Instance Name
HB1

Freq Sweep Initial Guess Oscillator Noise Small-Sig P

Enable Oscillator Analysis
Method Specify Nodes

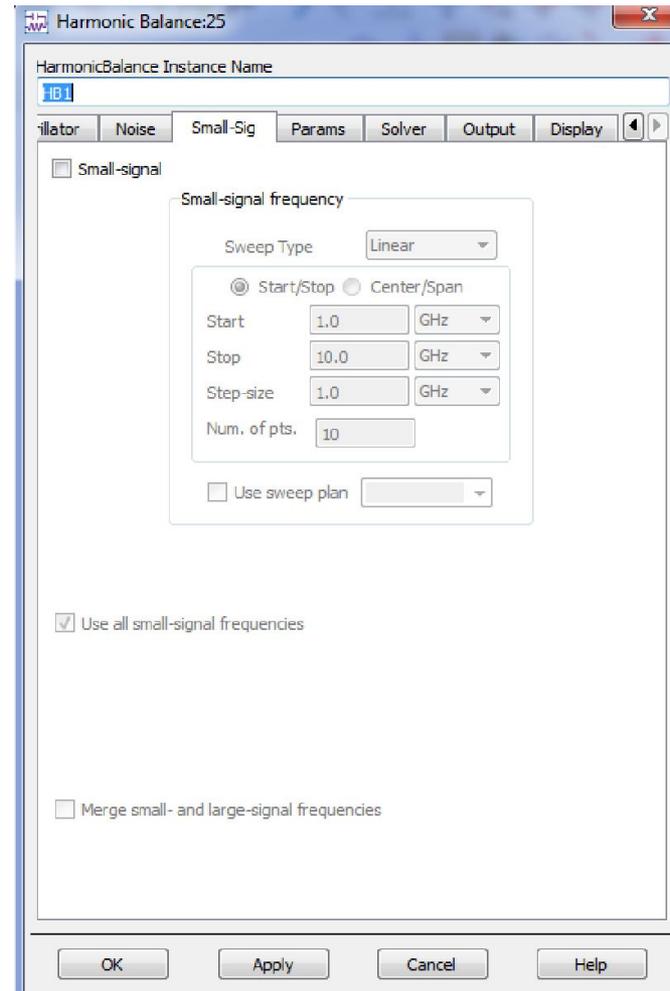
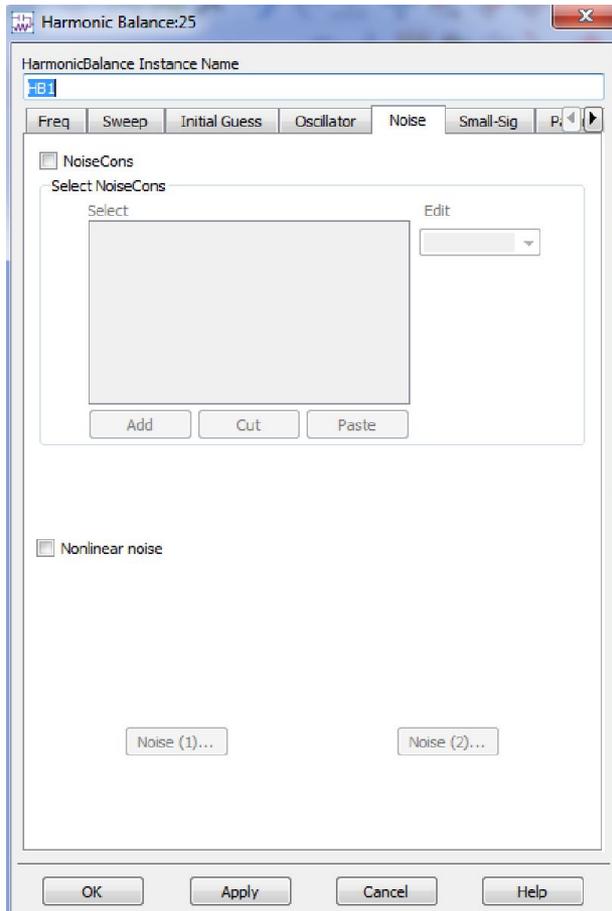
Specify Oscillator Nodes
Node Plus
Node Minus
Fundamental Index 1
Harmonic Number 1
Octaves to Search 2.0
Steps per Octave 20.0

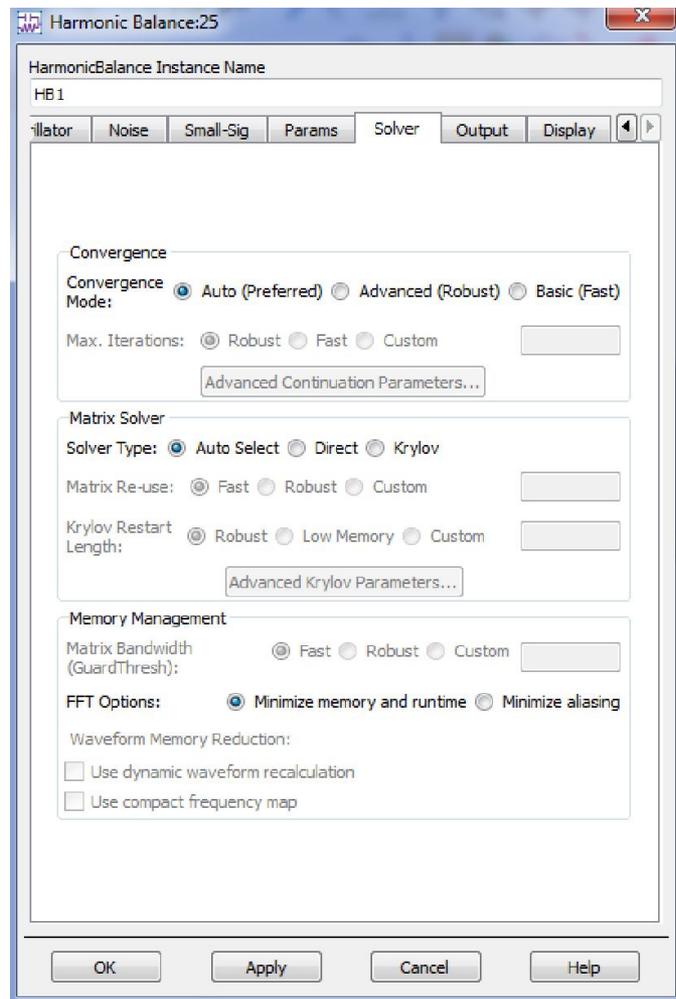
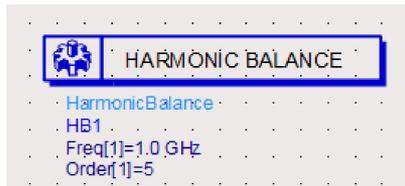
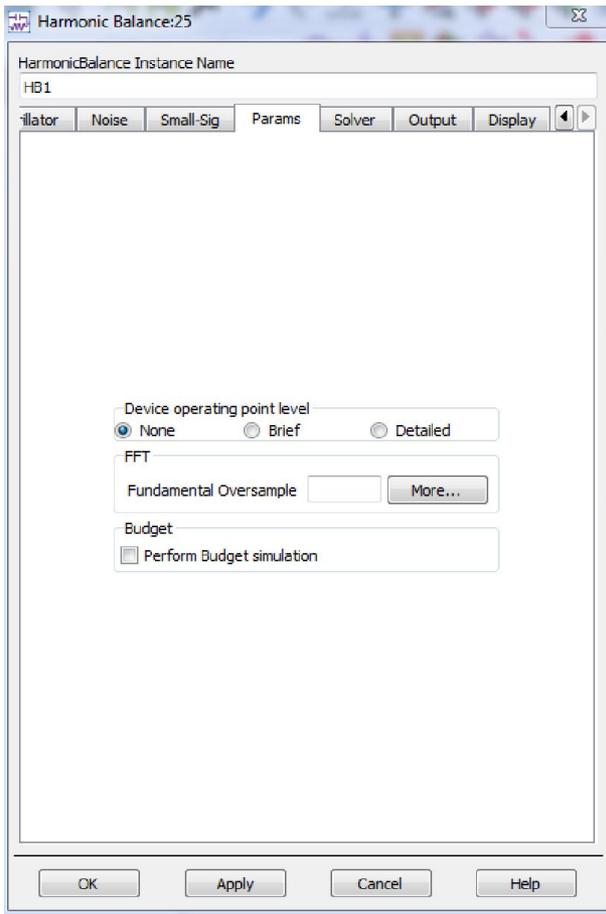
OK Apply Cancel Help

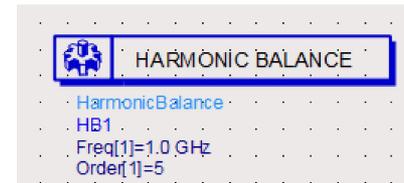
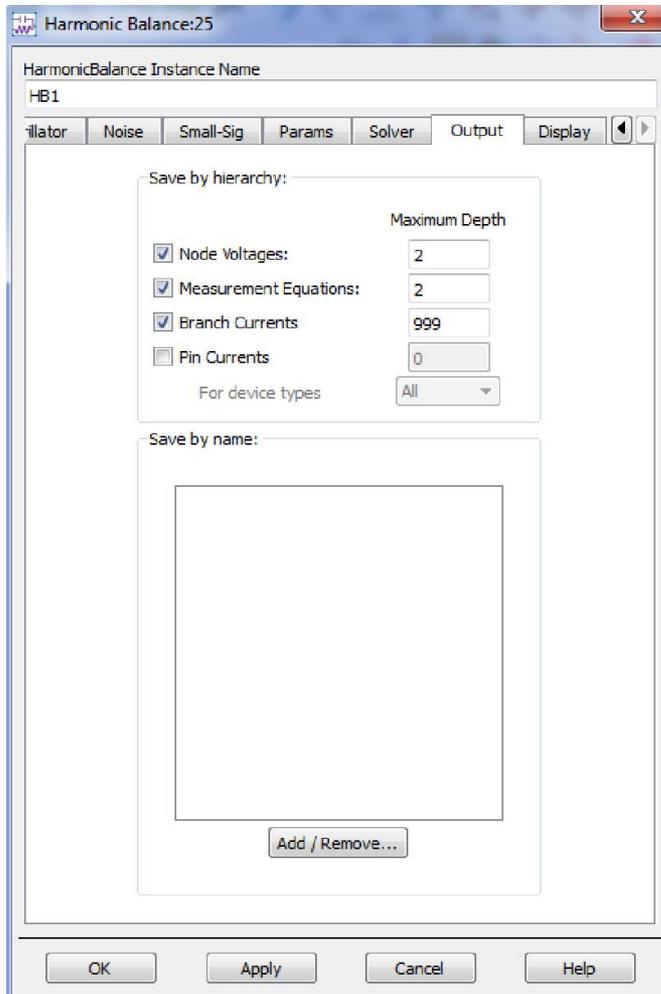


HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
HB1
Freq[1]=1.0 GHz
Order[1]=5





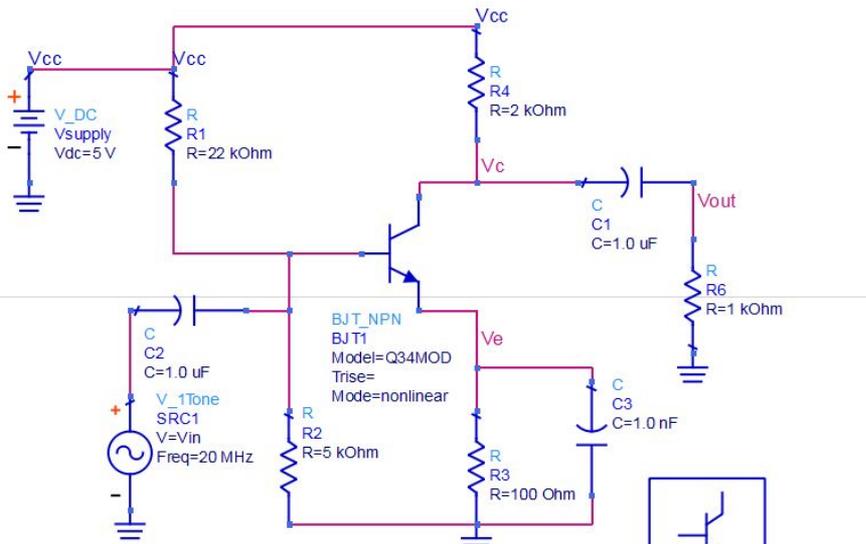


Факторы, влияющие на рост трудоемкости анализа:

- **большое количество входных частот**
- **большие уровни мощности входных сигналов**
- **большое количество учитываемых гармоник**
- **большое количество точек дискретизации временных зависимостей**
- **малое значение ошибки контроля сходимости**
- **большое количество нелинейных элементов**

Рекомендации по улучшению сходимости НВ

- Не использовать слишком много гармоник
- Увеличить значения параметров контроля сходимости по току и напряжению
- Увеличить параметр Params>Max.Iterations
- Увеличить параметр Order (количество учитываемых гармоник)
- Увеличить значения параметров Convergence>Voltage relative tolerance и Convergence>Current relative tolerance

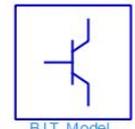


HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
 HB1
 Freq[1]=20.0 MHz
 Order[1]=7
 Other=OutVar="Vin"

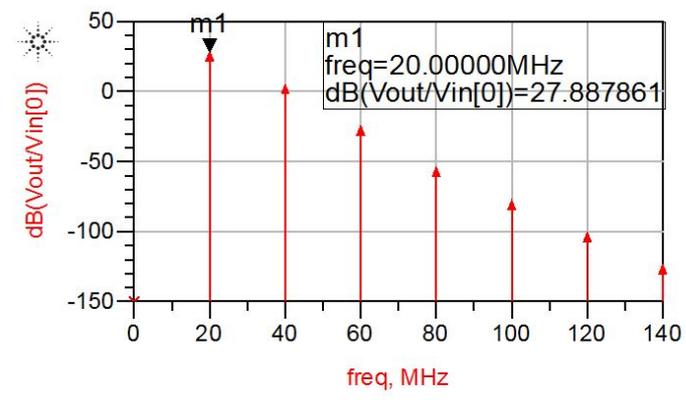
This simulation takes about 5 seconds.

VAR VAR1
 Vin=0.01



BJT_Model
 Q34MOD
 NPN=yes Rbnoi=
 PNP=no RbModel=MDS
 C2= Trise=
 Ke= AllParams=
 Kc=
 C4=
 Cbo=
 Gbo=
 Vbo=
 Rcv=
 Rcm=
 Dope=
 Cex=
 Cco=
 Imelt=

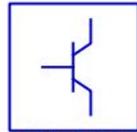
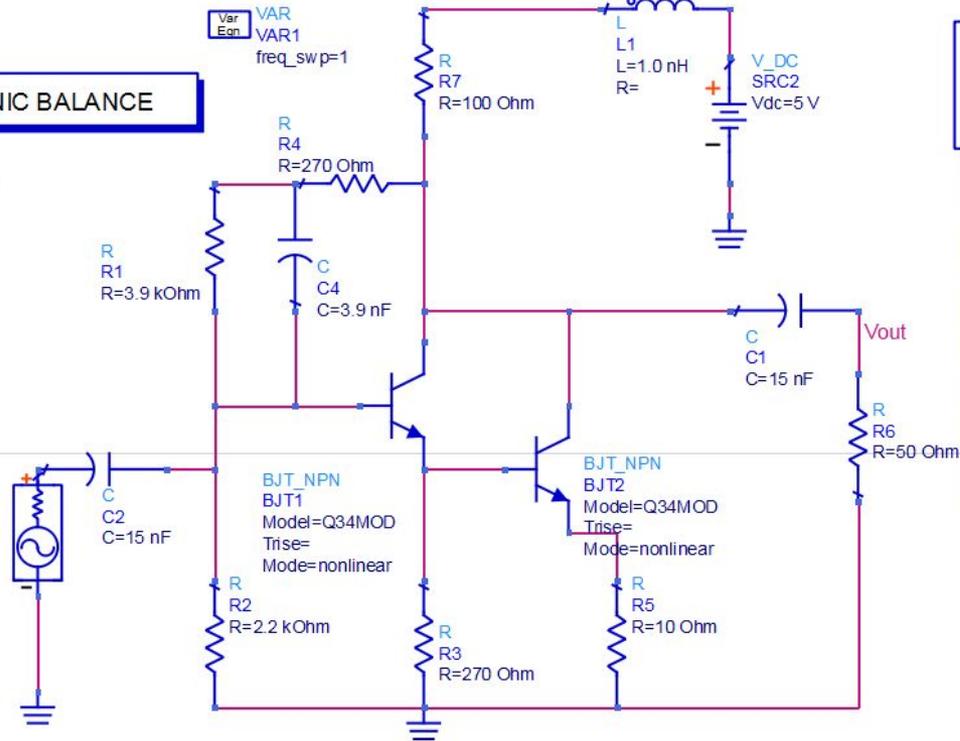
Fundamental and Harmonic Output Voltages Relative to Input Voltage



HARMONIC BALANCE

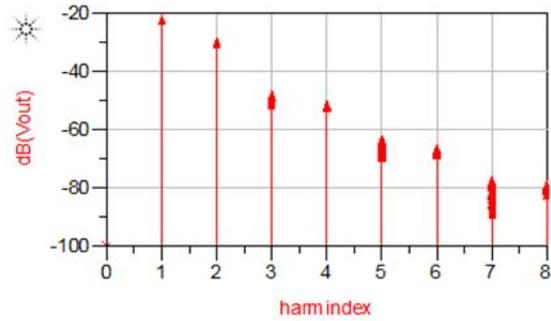
HarmonicBalance
 HB1
 Freq[1]=freq_swp MHz
 Order[1]=8
 SweepVar="freq_swp"
 Start=500
 Stop=1500
 Step=25

P_1Tone
 SRC1
 Num=1
 Z=50 Ohm
 P=dbmtow(-10)
 Freq=freq_swp MHz



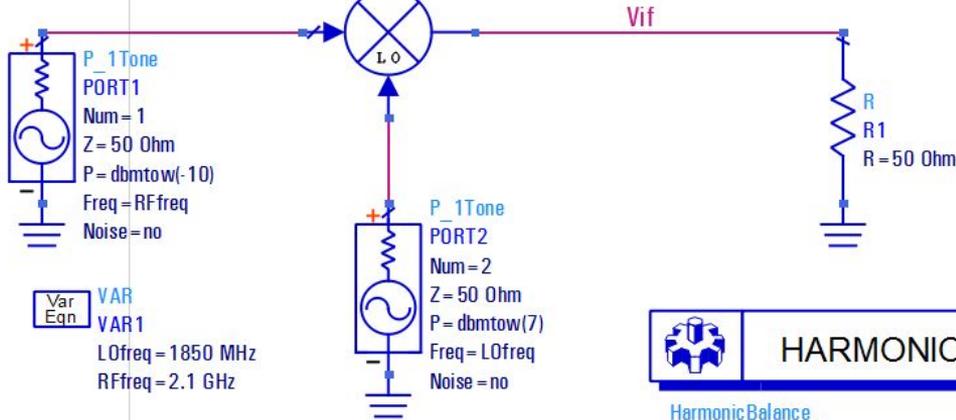
BJT_Model
 Q34MOD
 NPN=yes Rbnoi=
 PNP=no RbModel=MDS
 C2= Trise=
 Ke= AllParams=
 Kc=
 C4=
 Cbo=
 Gbo=
 Vbo=
 Rcv=
 Rcm=
 Dope=
 Cex=
 Cco=
 Imelt=

This simulation takes about 5 seconds.



ham index	HB2_freq
freq_sw p=500.000	
0	0.0000 Hz
1	500.0 MHz
2	1.000 GHz
3	1.500 GHz
4	2.000 GHz
5	2.500 GHz
6	3.000 GHz
7	3.500 GHz
8	4.000 GHz
freq_sw p=525.000	
0	0.0000 Hz
1	525.0 MHz
2	1.050 GHz
3	1.575 GHz
4	2.100 GHz
5	2.625 GHz
6	3.150 GHz
7	3.675 GHz
8	4.200 GHz
freq_sw p=550.000	
0	0.0000 Hz
1	550.0 MHz
2	1.100 GHz
3	1.650 GHz
4	2.200 GHz
5	2.750 GHz
6	3.300 GHz

MixerIMT2
 MIX3
 Conv Gain= dbpolar(8,0)
 SP11= polar(0.1,0)
 SP22= polar(0.33,180)
 SP33= 0.1
 IMT valueType= dB
 IMT_File= "dbl1.imt"

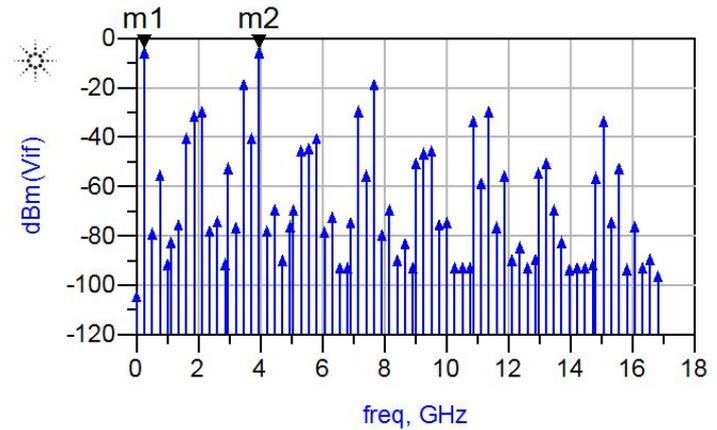


VAR
 VAR1
 LOfreq= 1850 MHz
 RFreq= 2.1 GHz

This simulation takes about 5 seconds.

HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
 HB2
 MaxOrder= 8
 Freq[1]= LOfreq
 Freq[2]= RFreq
 Order[1]= 8
 Order[2]= 8

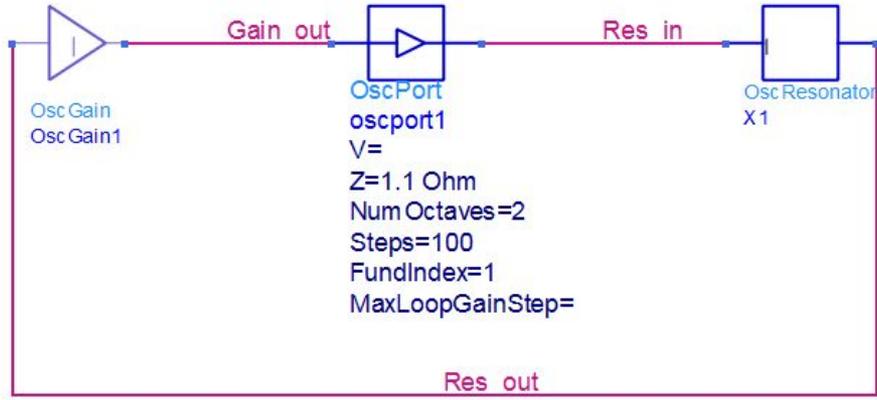


m1
 freq=250.0MHz
 dBm(Vif)=-4.000

m2
 freq=3.950GHz
 dBm(Vif)=-4.000

HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
 HB1
 Freq[1]=102 MHz
 Order[1]=15
 Oversample[1]=
 NLNoiseMode=yes
 NLNoiseUseSweepPlan=
 NLNoiseStart=1 kHz
 NLNoiseStop=10 MHz
 NLNoiseDec=2
 PhaseNoise=yes
 FM_Noise=yes
 NoiseNode[1]="Res_in"
 NoiseNode[2]="Gain_out"
 NoiseNode[3]="Res_out"



Phase Noise at node "Gain_out"

