

Лабораторная работа №6 по курсу «Радиотехнические устройства и системы»

Моделирование S-параметров

Кузнецов В.В., ассистент кафедры ЭИУ1-КФ

18 ноября 2013 г.

1 Цель работы

Цель данного лабораторной работы — изучение моделирования S-параметров в программе Qucs.

Данная программа основана на вновь разработанном ядре схемотехнического моделирования (разработка совместно с Берлинским институтом высокочастотной техники) и работает под управлением операционных систем (ОС) Linux и Windows. В данной программе возможно моделирование аналоговых и цифровых схем, моделирование на постоянном и переменном токе и моделирование переходного процесса. Недостатком программы является разделение аналогового и цифрового моделирования.

Родной операционной системой для Qucs является Linux, и при работе на этой системе следует ожидать наибольшей производительности. Настоятельно рекомендуется использовать для работы программы ОС Linux.

Версию Qucs для Linux можно установить в один клик, используя пакетный менеджер, а версию для Windows можно скачать бесплатно с сайта разработчика <http://qucs.sourceforge.net>.

2 Краткое введение в анализ высокочастотных схем

2.1 S-параметры четырёхполюсника

Четырёхполюсником является любая электронная схема, имеющая один вход и один выход: усилитель, фильтр, аттенюатор. Активный четырёхполюсник содержит источники питания и может усиливать входной сигнал. Активный четырёхполюсник как правило содержит биполярный или полевой транзистор, интегральный операционный усилитель и т.п. схемы. Пассивный четырёхполюсник не имеет источников питания, и не может усиливать сигнал. К пассивным четырёхполюсникам относятся LC- и RC- фильтры, которые содержат только индуктивность, ёмкость и сопротивление.

В радиотехнике для того, чтобы охарактеризовать четырёхполюсник применяется матрица S-параметров, или иначе матрица рассеяния. S-параметры устанавливают связь между нормированными амплитудами напряжения и тока на входе и на выходе четырёхполюсника. Если вход четырёхполюсника подключен к источнику переменного тока (генератору колебаний) с некоторым выходным сопротивлением Z_1 , то часть энергии от источника передаётся на вход, а часть — отражается от входа. Пусть нормированная амплитуда падающей на вход волны равна a_1 , а отражённой волны b_1 .

Такое же рассуждение справедливо и для выхода четырёхполосника, к которому подключена нагрузка с сопротивлением Z_2 . Часть энергии, поступающей с выхода четырёхполосника, поглощается нагрузкой, а часть энергии — отражается от неё и поступает обратно в четырёхполосник. Пусть нормированная амплитуда падающей на нагрузку волны равна a_2 , а отражённой от нагрузки волны b_2 .

Нормированные амплитуды падающей и отражённой волны на входе и на выходе связаны через матрицу рассеяния:

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \quad (1)$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \quad (2)$$

Физический смысл S-параметров следующий:

S_{11} — коэффициент отражения Γ_1 от входа четырёхполосника. Показывает степень согласования между источником входного сигнала (генератором колебаний) и входными цепями четырёхполосника. Если $S_{11} = 0$, то вся энергия от источника входного сигнала проходит на вход четырёхполосника без отражения.

S_{12} — коэффициент обратной передачи. Показывает степень передачи энергии с выхода четырёхполосника на вход. Характеризует степень развязки между входом и выходом, что показывает устойчивость активных четырёхполосников.

S_{21} — коэффициент передачи. Равен коэффициенту усиления по мощности четырёхполосника. Для активных четырёхполосников может быть больше единицы, а для пассивных — всегда меньше единицы.

S_{22} — коэффициент отражения Γ_2 от нагрузки. Показывает степень передачи энергии с выхода в нагрузку. Если $S_{22} = 0$, то вся энергия с выхода четырёхполосника поглощается нагрузкой без отражения.

Для пассивных четырёхполосников всегда $S_{21} = S_{12}$ и $S_{11} = S_{22}$, так как внутрь четырёхполосника не поступает дополнительная энергия от источников питания.

2.2 Коэффициент стоячей волны — КСВ

Коэффициент стоячей волны (КСВ) (SWR — Standing wave ratio) показывает степень согласования генератора с нагрузкой. КСВ всегда больше единицы. Оптимальным значением является $SWR=1$. При этом вся энергия генератора поглощается нагрузкой. Если $SWR > 1$, то часть энергии отражается от нагрузки и направляется в генератор. Эта энергия может вывести генератор из строя.

КСВ вычисляется через коэффициент отражения Γ , который определяется через амплитуды падающей $U_{\text{пад}}$ и отражённой $U_{\text{отр}}$ волны. Эти амплитуды можно измерить при помощи направленных ответвителей. Прибор для измерения КСВ называется КСВ-метром.

$$\Gamma = \frac{U_{\text{отр}}}{U_{\text{пад}}} \quad (3)$$

$$SWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (4)$$

3 Расчёт S-параметров пассивного четырёхполюсника

4 Расчёт S-параметров активного четырёхполюсника

5 Заключение

В результате выполнения лабораторной работы произведен анализ работы амплитудного детектора и балансного смесителя в программе Qucs. Произведён анализ условий балансировки диодного кольцевого смесителя.