

Лабораторная работа №8 по курсу «Радиотехнические устройства и системы»

Схемы с положительной обратной связью

Кузнецов В.В., ассистент кафедры ЭИУ1-КФ

23 ноября 2014 г.

1 Цель работы

Цель данного лабораторной работы — изучение моделирования схем с положительной обратной связью (регенераторов) 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 Системы с положительной обратной связью

2.1 Принцип работы генераторов незатухающих колебаний

Генератор незатухающих колебаний представляет собой усилитель, охваченный обратной связью. Допустим на некоторой частоте усилитель имеет коэффициент усиления \dot{A} и коэффициент передачи цепи обратной связи \dot{k} . Сдвиг фаз напряжения на выходе и на входе усилителя равен α , а сдвиг фаз напряжений на входе и выходе цепи обратной связи равен β .

Если коэффициент петлевого усиления g равен 1:

$$\dot{g} = \dot{A}\dot{k} = 1 \quad (1)$$

то есть выполняется условие баланса амплитуд:

$$|g| = |A| \cdot |k| = 1 \quad (2)$$

и условие баланса фаз:

$$\alpha + \beta = 2\pi n, \quad n = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \dots \quad (3)$$

то на выходе усилителя возникают незатухающие электрические колебания с данной частотой.

Если выполняется условие баланса фаз, но не выполняется условие баланса амплитуд, то говорят, что усилитель охвачен положительной обратной связью (ПОС). Энергия доставляемая в колебательную систему недостаточна для компенсации потерь в ней.

Резонансный усилитель с ПОС называется *регенератором*. Регенератор как бы многократно усиливает свой собственный выходной сигнал. В режиме с ПОС происходит значительный рост усиления. Коэффициент усиления регенератора может достигать на частоте резонанса десятков тысяч, полоса пропускания составляет несколько кГц. Это особенно удобно в диапазоне коротких волн, так как позволяет получить полосу пропускания и коэффициент усиления, необходимый для приёма АМ-сигналов от каскада на одном транзисторе.

Недостатком регенератора является низкая устойчивость схемы. Коэффициент усиления зависит от неконтролируемых параметров монтажа, условий эксплуатации и при неблагоприятном сочетании внешних факторов регенератор самовозбуждается и становится генератором незатухающих синусоидальных колебаний. Поэтому в настоящее время регенераторы вышли из употребления, и вместо них используются более стабильные *супергетеродинные* приёмники.

2.2 Схемотехническая реализация регенератора

Чтобы реализовать регенератор, нужно в колебательную систему генератора синусоидальных колебаний внести регулируемое затухание. Таким образом можно регулировать условие баланса амплитуд и установить нужную глубину ПОС. Если установить уровень ПОС на пороге генерации, то регенератор перейдёт в синхронный *автодинный режим*. Автодин применяется для приёма телеграфных сигналов (CW) и сигналов с однополосной амплитудной модуляцией (АМ).

На рис.1 показана схема регенератора на основе схемы Колпитца.

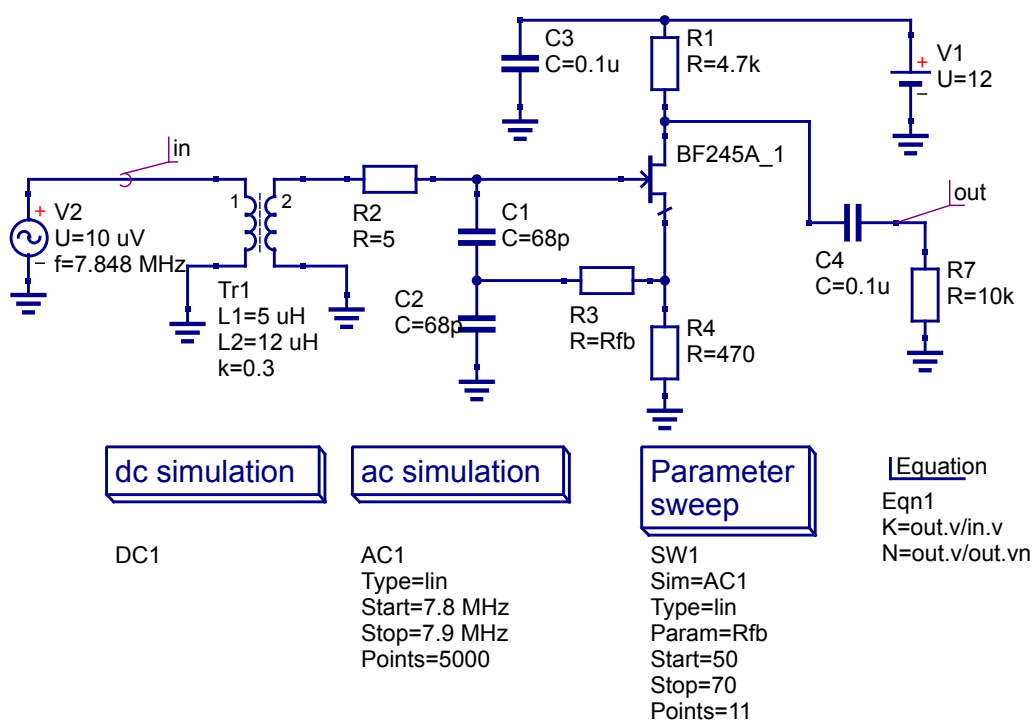


Рис. 1. Регенератор на полевом транзисторе

Глубина ОС и коэффициент усиления регулируется подстройкой резистора R3. Выходной сигнал снимается со стока полевого транзистора.

Построим зависимость коэффициента передач схемы $K(j\omega)$ от частоты (Комплексная частотная характеристика — КЧХ) на комплексной плоскости (рис.2)

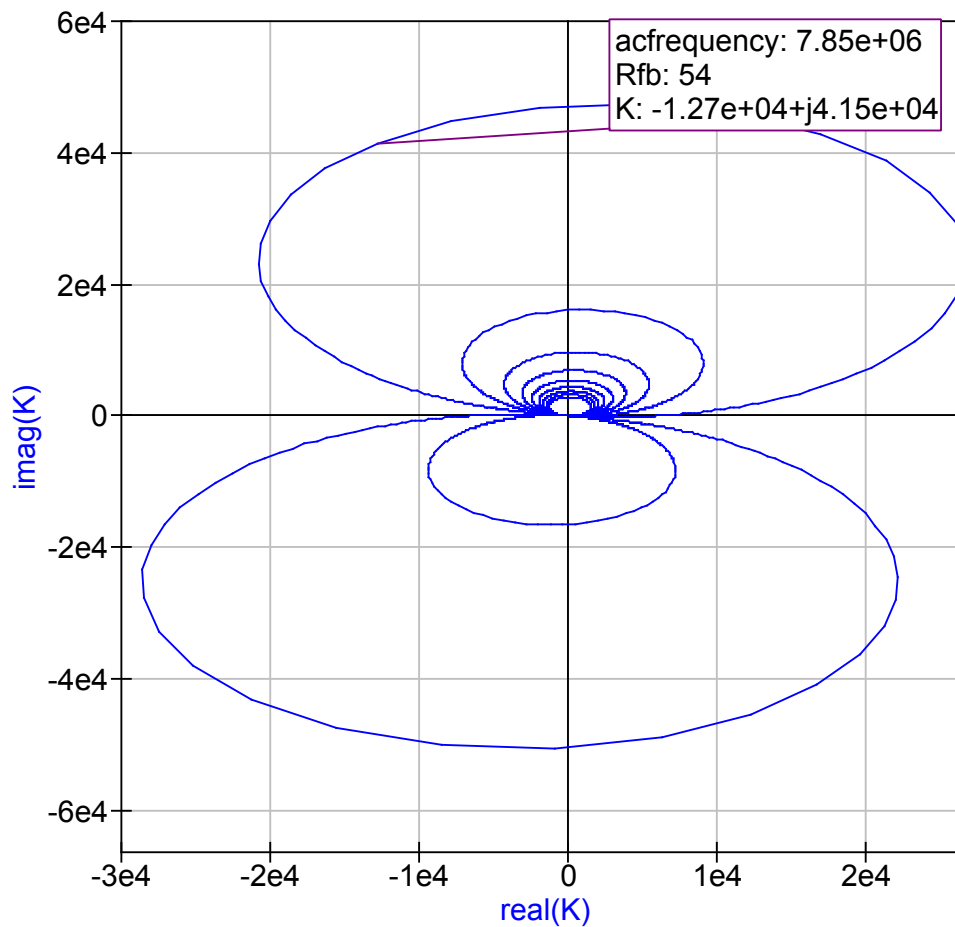


Рис. 2. КЧХ регенератора на комплексной плоскости

Из КЧХ видим, что КЧХ располагается в первой и второй четвертях комплексной плоскости, а при некотором уровне ОС КЧХ резко переходит на третью и четвертую четверть. Этот уровень ОС называется порогом возбуждения регенератора. Если установить уровень ОС выше порога возбуждения, то регенератор начинает генерировать незатухающие синусоидальные колебания.

АЧХ регенератора показана на рис.3.

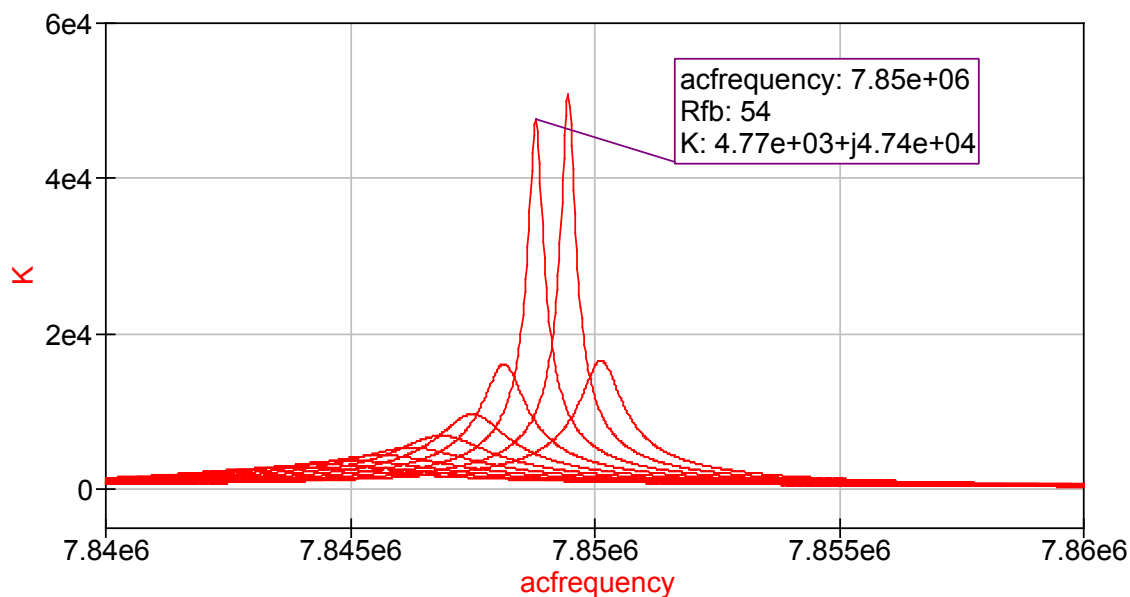


Рис. 3. АЧХ регенератора на полевом транзисторе

Видно, что на резонансной частоте коэффициент усиления достигает 10000 раз. Полоса пропускания составляет несколько килогерц. Такой коэффициент усиления недостижим для обычной схемы резонансного усилителя. Регенератор можно использовать для усиления слабых сигналов (менее 1 мкВ) в диапазоне коротких волн.

Задание: Промоделировать схему рис. 1 и добиться её работоспособности. Дополнительно смоделировать переходный процесс на отрезке 0–2 мкс при резисторе $R_3=54$ Ом (уровень ОС на пороге генерации).

3 Заключение

В результате выполнения лабораторной работы произведен анализ работы схем с положительной обратной связью. Проведено исследование схемы регенератора на полевом транзисторе.