

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

Моделирование S-параметров

Кузнецов В.В., ассистент кафедры ЭИУ1-КФ

3 ноября 2014 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 Автогенераторы незатухающих колебаний высокой частоты

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, то говорят, что усилитель охвачен положительной обратной связью (ПОС).

Соответствующим выбором номиналов компонентов в цепи обратной связи любой усилитель можно преобразовать в генератор. В некоторых случаях условие баланса амплитуд и условие баланса фаз может выполняться самопроизвольно в результате конструктивных ошибок. В таком случае усилитель самовозбуждается.

2.2 Схема Мейснера

Если резонансный усилитель охватить положительной индуктивной обратной связью, то получим схему Мейснера. Чтобы реализовать индуктивную ПОС в усилителе на транзисторе используют трансформатор, первичная обмотка которого включена в цепь стока транзистора, а вторичная обмотка — в цепь затора полевого транзистора. Обмотка, включённая в цепь затвора называется обмоткой связи и обычно состоит из нескольких витков. Подобная схема показана на рис.1

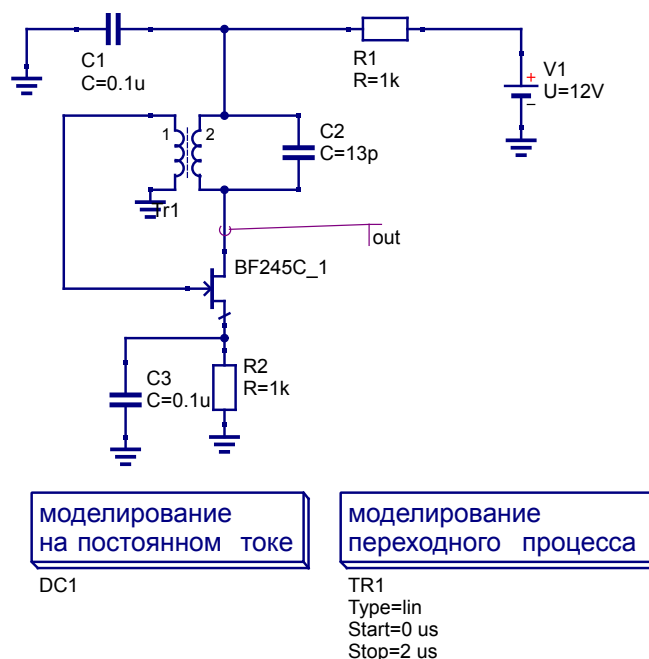


Рис. 1. Автогенератор по схеме Мейснера на полевом транзисторе

В цепи стока полевого транзистора возникают незатухающие синусоидальные колебания (рис.2). Частота колебаний определяется по формуле для резонансной частоты колебательного контура:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4)$$

Задание для самостоятельной работы: Промоделировать автогенератор по схеме Мейснера. Параметры трансформатора: Индуктивность первичной обмотки $L_1 = 1$ мкГн,

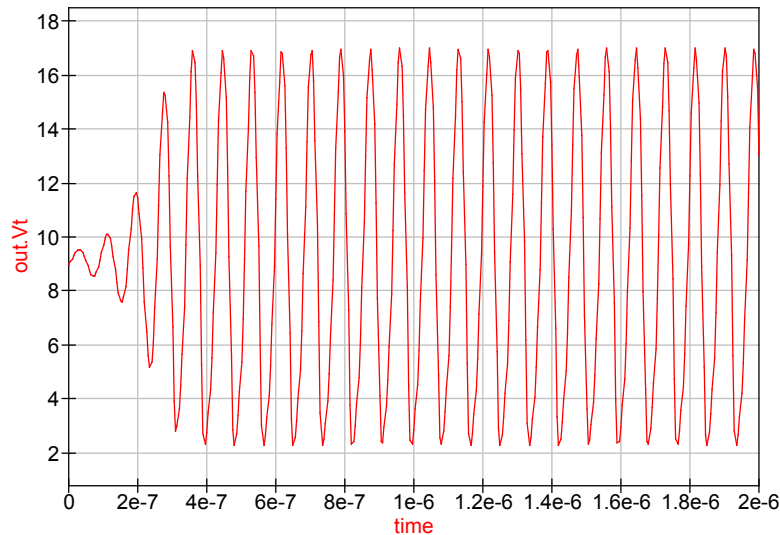


Рис. 2. Осциллограмма напряжения в цепи стока полевого транзистора в автогенераторе по схеме Мейснера

индуктивность вторичной обмотки $L_2 = 12 \text{ мкГн}$, коэффициент связи $k = 0.5$. Настроить схему для генерирования частоты f в мегагерцах согласно номеру варианта:

$$f = \frac{N}{2} + 1, \quad \text{МГц} \quad (5)$$

2.3 Схема Хартли (индуктивная трёхточка)

В автогенераторе по схеме Хартли используется автотрансформаторная индуктивная связь. Для этого используется катушка с отводом. При этом усилительный элемент (например транзистор) оказывается включен в колебательный контур в трёх точках. Поэтому схема называется также *трёхточкой*.

Схема автогенератора по схеме Хартли показана на рис.3.

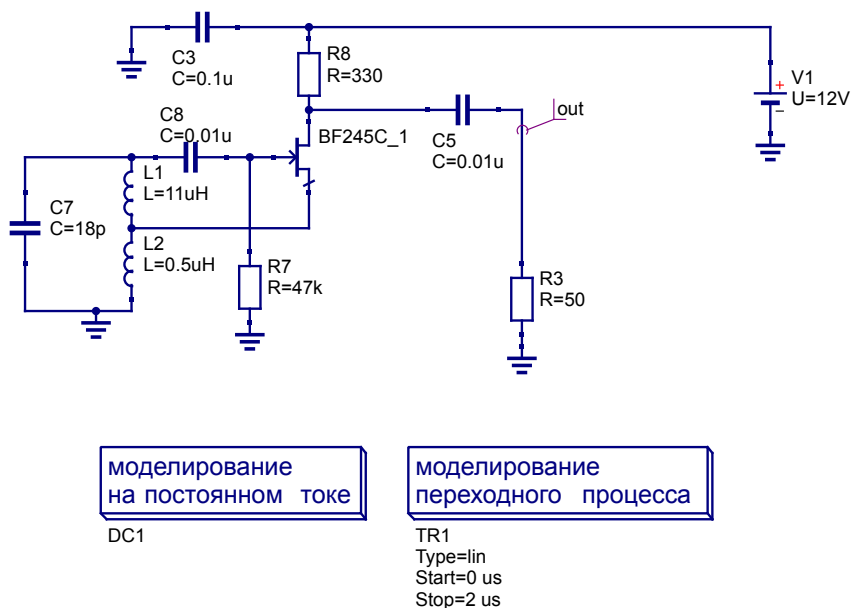


Рис. 3. Автогенератор по схеме Хартли на полевом транзисторе

Осциллограмма напряжения в цепи стока показана на рис.4

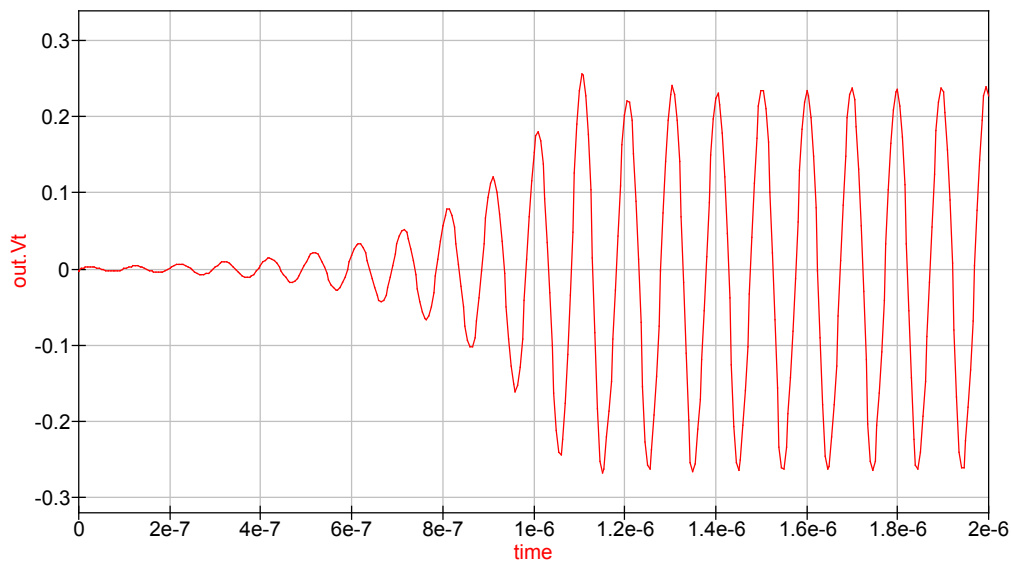


Рис. 4. Осциллограмма колебаний в цепи стока в автогенераторе по схеме Хартли.

Задание: Собрать схему рис.3 и добиться ей работоспособности. Подбирая резистор $R8$ в цепи стока полевого транзистора, найти критическое значение при котором происходит *срыв генерации*, то есть прекращается генерация синусоидальных колебаний.

2.4 Схема Колпитца (емкостная трёхточка)

Схема Колпитца аналогична схеме Хартли, но в ней используется емкостная обратная связь. Преимуществом схемы является то, что не требуется катушка индуктивности с отводами. Автогенератор по схеме Колпитца показан на рис.5

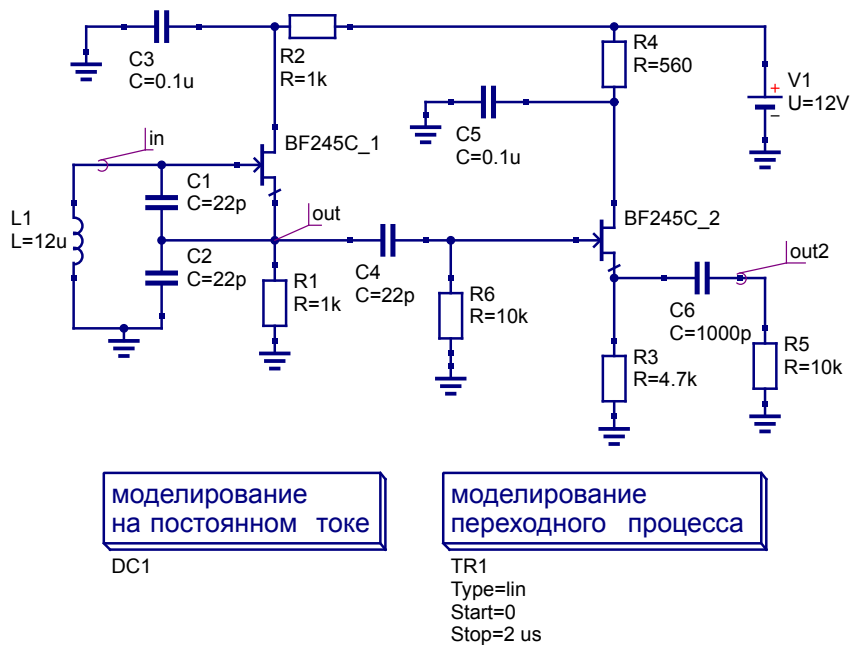


Рис. 5. Автогенератор по схеме Колпитца на полевом транзисторе

На втором полевом транзисторе выполнен истоковый повторитель, который служит для ослабления влияния последующих каскадов на колебательный контур. Подключение нагрузки без истокового повторителя может привести к неконтролируемому дрейфу частоты генерации и к нестабильной генерации.

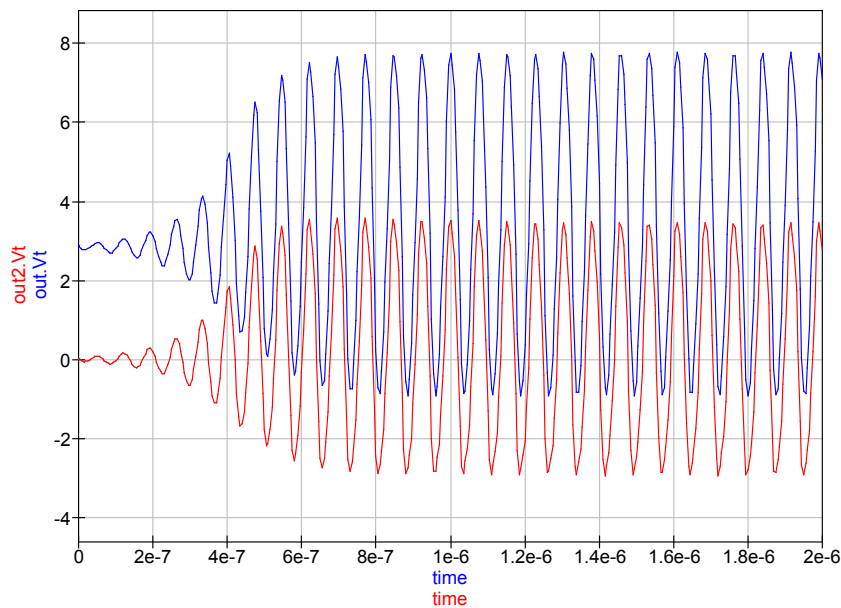


Рис. 6. Осциллограмма напряжения на выходе истокового повторителя и на истоке полевого транзистора генератора

Частота колебаний генератора по схеме Колпитца определяется по формуле для частоты резонанса колебательного контура в цепи затвора:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (6)$$

с учётом того, что ёмкости образующие колебательный контур соединены последовательно:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (7)$$

Задание: Собрать схему рис.5 и добиться её работоспособности. Настроить схему для генерирования частоты f в мегагерцах согласно номеру варианта:

$$f = \frac{N}{2} + 1, \quad \text{МГц} \quad (8)$$

3 Заключение

В результате выполнения лабораторной работы произведен анализ работы схем для генерирования колебаний высокой частоты. Изучены автогенераторы Мейснера, Хартли и Колпитца. Данные схемы наиболее широко применяются в радиоприёмной и радиопередающей аппаратуре.