

## Лекция 10

### Тема: Генерирование колебаний

#### Электронные генераторы

Электронный генератор – это устройство, преобразующее электрическую энергию источника постоянного тока в энергию незатухающих электрических колебаний заданной формы и частоты.

По способу возбуждения генераторы подразделяются на генераторы с независимым возбуждением и генераторы с самовозбуждением (автогенераторы). Генераторы с независимым возбуждением являются усилителями колебаний, которые вырабатывают посторонние источники. Автогенераторы сами создают незатухающие колебания за счет использования положительной обратной связи.

Среди автогенераторов можно выделить генераторы синусоидальных колебаний и импульсные генераторы. Генераторы синусоидальных колебаний подразделяются на автогенераторы типа  $LC$  и автогенераторы типа  $RC$ .

#### Транзисторный автогенератор типа $LC$

Автогенераторы типа  $LC$  различают по способу создания положительной обратной связи как автогенераторы с емкостной, автотрансформаторной и индуктивной (трансформаторной) связью. Они состоят из колебательного контура, в котором возбуждаются колебания нужной частоты; усилительного элемента (транзистора), усиливающего сигнал, попадающий на его вход через цепь обратной связи; цепи положительной обратной связи, обеспечивающей подачу энергии с выхода схемы на его вход в нужном количестве и в должной фазе; источника с постоянной ЭДС, энергия которого преобразуется в колебательную энергию в контуре.

На рисунке 1 приведена схема транзисторного автогенератора с индуктивной связью.

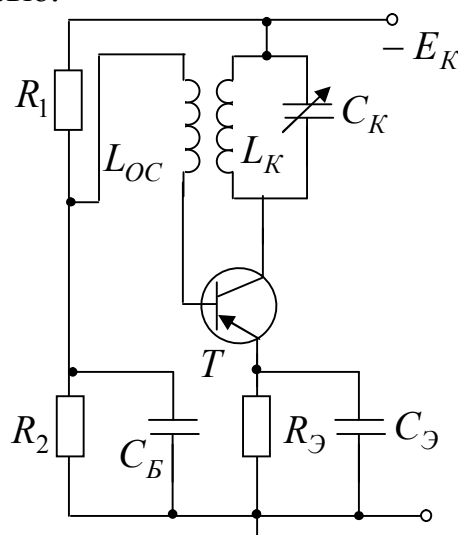


Рисунок 1 – Схема транзисторного автогенератора с индуктивной связью

При подключении к источнику питания  $E_K$  конденсатор контура  $C_K$  заряжается по цепи  $+E_K$ , резистор  $R_{Э}$ , эмиттер, база, коллектор транзистора  $T$ ,  $C_K$  ( $-E_K$ ). Конденсатор  $C_K$  и индуктивная катушка образуют параллельный колебательный контур, и, так как конденсатор  $C_K$  накопил определенную энергию, в контуре возникают свободные колебания с частотой  $f_0$ , которая определяется параметрами этого контура. В результате индуктивной связи между катушками  $L_K$  и  $L_{OC}$  в катушке обратной связи  $L_{OC}$  наводится переменное напряжение той же частоты, что и в контуре. Это напряжение подводится к участку эмиттер – база транзистора, что вызывает пульсацию коллекторного тока с частотой  $f_0$ .

Если обратная связь положительная, переменная составляющая коллекторного тока усиливает колебания в контуре, что вызывает увеличение амплитуды переменного напряжения на входе транзистора. Это вызовет новое увеличение амплитуды переменной составляющей коллекторного тока и т. д. Нарастание амплитуды переменной составляющей коллекторного тока ограничено, так как связь между входным и выходным напряжением транзистора определяется характеристикой, приведенной на рисунке 2. Для установления режима незатухающих колебаний в контуре недостаточно только обеспечить положительную обратную связь. Необходимо, чтобы потери энергии в контуре были полностью скомпенсированы усилителем за счет энергии источника постоянного тока.

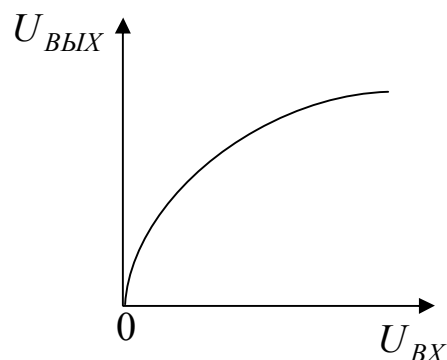


Рисунок 2 – Колебательная характеристика автогенератора

Незатухающие колебания в контуре генератора устанавливаются при выполнении двух условий, которые называются условиями самовозбуждения. Это условие баланса фаз, которое обеспечивается

положительной обратной связью, и условие баланса амплитуд, зависящее от значения коэффициента обратной связи  $\beta$ .

## Транзисторный генератор типа $RC$

Автогенераторы типа  $LC$  применяют в основном на частотах выше  $20 \text{ кГц}$ , так как для более низких частот конструкция таких колебательных контуров громоздка. Для получения синусоидальных колебаний на низких частотах применяют более простые и дешевые генераторы типа  $RC$  (рисунок 2).

Вместо колебательного контура в схеме включен резистор  $R_H$ , а положительная обратная связь осуществляется через фазовращающую цепь, состоящую из трех звеньев  $RC$ . Если выход данной схемы соединить с непосредственно с входом, обеспечив при этом условие самовозбуждения, то генерируемые колебания не будут синусоидальными. Для того, чтобы схема вырабатывала именно синусоидальные колебания, положительная обратная связь должна обеспечиваться только для одной определенной гармоники несинусоидальных колебаний. Эту функцию и выполняет фазовращательная цепь  $RC$ .

Параметры цепи должны быть выбраны так, чтобы при увеличении коллекторного тока и, следовательно, увеличении потенциала коллектора потенциал базы уменьшался. Иными словами, напряжения на коллекторе и на базе должны находиться в противофазе. Это и есть условие баланса фаз. Покажем это с помощью упрощенной векторной диаграммой (рисунок 3), как это выполняется. При этом будем полагать, что током в каждом последующем звене можно пренебречь по сравнению с током в предыдущем звене. Переменная составляющая коллекторного напряжения  $U_K$  вызовет в цепи  $C_1R_1$  ток, опережающий это напряжение по фазе на некоторый угол. Этот угол определяется соотношением между  $X_{C1}$  и  $R_1$  и может быть выбран равным  $60^\circ$ . Напряжение  $U_{R1}$ . В свою очередь, вызовет в цепи  $C_2R_2$  ток с таким же соотношением параметров, как и в цепи  $C_1R_1$ . Это обеспечит сдвиг фаз между  $U_{R1}$  и  $U_{R2}$  также на  $60^\circ$  и т. д. В итоге напряжение на  $R_2$ , приложенное к участку база-эмиттер транзистора  $T$ , окажется сдвинутым по отношению к  $U_K$  на  $180^\circ$ . Частота синусоидальных колебаний в схеме определяется параметрами цепи  $RC$  и при условии  $C_1 = C_2 = C_3 = C_1$ ;  $R_1 = R_2 = R_3 + R'_2 = R$ ;  $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{6} RC)$ . Для выполнения условия баланса амплитуд коэффициент усиления усилителя должен быть больше ослабления, вносимого фазовращательной цепью  $RC$ . Для схемы рисунка 3 это ослабление равно 29.

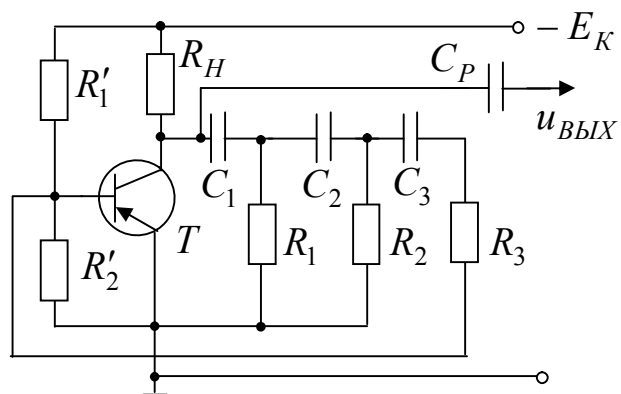


Рисунок 2 – Схема транзисторного автогенератора типа  $RC$

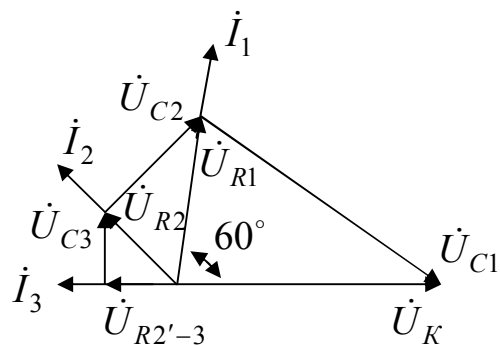


Рисунок 3 – Упрощенная векторная диаграмма напряжений для цепочки  $RC$