

## Лекция 3

### ГЕНЕРАТОРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

#### Цель лекции:

Изучение принципов работы электронных генераторов, LC-автогенераторов.

#### План лекции:

1. Генераторы, их классификация.
2. Условия самовозбуждения автогенераторов.
3. LC-автогенераторы.

**Электронный генератор** – это устройство, преобразующее с помощью усилительных элементов энергию источника питания постоянного тока в энергию электрических колебаний требуемой амплитуды, частоты, формы и мощности.

По форме генерируемых колебаний различают генераторы **гармонических** (синусоидальных) **колебаний** и **импульсные** (релаксационные) генераторы. По принципу управления генераторы подразделяются на генераторы с самовозбуждением (автогенераторы); и генераторы с внешним (независимым) возбуждением, режимом их работы управляют от внешнего источника переменного напряжения.

Генератором электрических колебаний может быть любой усилитель, охваченный ПОС, если выполняется ряд условий. *Генератором гармонических колебаний может быть такой избирательный усилитель, у которого ПОС выполняется для единственной частоты.* По виду избирательной цепи различают LC- и RC-генераторы.

#### **Условия самовозбуждения автогенераторов**

**Автогенераторы** генерируют электрические колебания без какого-либо управляющего воздействия извне. Основным параметром автогенератора является частота генерируемых колебаний. *Избирательный усилитель, охваченный ПОС, самовозбуждается*, так как коэффициент усиления на определенных частотах достигает бесконечно большой величины. Звено ПОС содержит  $LC$ -контуры или  $RC$ -цепи. Так как в состав усилителя и звена ПОС входят реактивные элементы ( $C, L$ ) то  $K$  и  $\beta$  являются комплексными величинами, зависящими от частоты. Для возникновения автоколебаний обратная связь должна быть положительной, а усиление цепи ОС должно быть больше единицы ( $K \cdot \beta > 1$ ). Колебания, возникающие на входе активного элемента, усиливаются и через цепь ОС вновь поступают на вход. Поскольку ОС положительна, сигналы на входе складываются, а выходной сигнал лавинообразно растет. Такой процесс называют **самовозбуждением** автогенератора. Процесс возникновения и нарастания колебаний происходит до тех пор, пока в автогенераторе не установятся стационарные значения тока и напряжения, обусловленные нелинейными свойствами усилительного элемента. Условие генерации установившихся колебаний в схеме имеет вид  $K \cdot \beta = 1$ . Процесс автогенерации можно представить в виде двух условий:

$$\varphi_K + \varphi_\beta = 2\pi n; \quad (1)$$

$$K \cdot \beta = 1, \quad (2)$$

где  $\varphi_K$  – сдвиг фаз, вносимый усилительным каскадом;  $\varphi_\beta$  – сдвиг фазы, вносимый цепью ОС;  $\beta = U_{\text{вых}}/U_{\text{ОС}}$ .

Уравнение (1) называется условием **баланса фаз**, из которого следует, что сдвиг фаз в замкнутой цепи автоколебательной системы должен равняться  $2\pi n$ , где  $n=0,1,2,\dots$ . Условие (2) называется условием **баланса амплитуд**. Из него следует, что для существования автоколебательного

режима ослабление сигнала, вносимое звеном обратной связи, должно компенсироваться усилительной цепью.

Процесс установления колебаний в генераторе состоит из этапа возбуждения и этапа стационарного режима работы автогенератора (рис. 1).

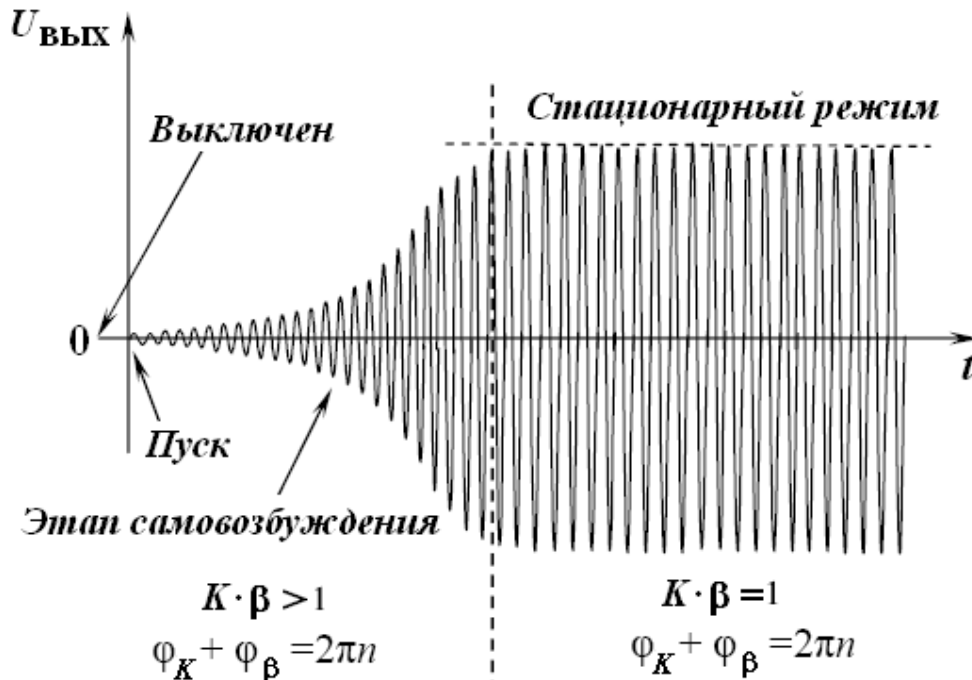


Рис. 1. Процесс установления колебаний в генераторе

До момента пуска (автогенератор выключен) ни одно из условий (или хотя бы одно из них) не выполнено и автогенератор не работает. Процесс генерации начинается с появлением в усилителе случайных колебаний малых амплитуд и продолжается до установления стационарной (постоянной) амплитуды выходного напряжения.

Если условие (2) выполняется только на частоте  $f_0$ , колебания имеют синусоидальную форму. Из рассматриваемых соотношений (1) и (2) следует: чтобы генерация происходила на одной частоте, *цепь ПОС, либо сам усилитель, либо они совместно должны обладать частотно-избирательными свойствами.* Поэтому генераторы гармонических колебаний классифицируют по виду используемых частотно-избирательных цепей. В области высоких частот применяются  $LC$ -автогенераторы. В диапазоне низких частот используются генераторы  $RC$ -типа.

## ***LC* – автогенераторы**

В *LC*-генераторе в качестве нагрузки используется параллельный колебательный контур. Условия для генерации синусоидальных колебаний здесь создаются для частоты настройки  $f_0$  колебательного контура, когда его сопротивление является чисто активным. Максимум частотной характеристики усилителя с резонансной нагрузкой соответствует резонансной частоте контура, поэтому условие баланса амплитуд будет выполняться только на этой частоте, что и определяет частоту генерируемых колебаний.

Схема *LC*-автогенератора с трансформаторной обратной связью показана на рис. 2. Генератор состоит из избирательного усилителя и цепи ПОС. Усилительный каскад выполнен на транзисторе с ОЭ. Элементами усилителя являются:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $VT$ ,  $R_э$ ,  $C_э$ ,  $L_к$ .  $L_б$  – является элементом ПОС. Транзистор дает сдвиг фаз на  $180^\circ$ . Выходной сигнал снимается с коллектора транзистора. Параметрами параллельного колебательного контура являются емкость конденсатора  $C_к$  и индуктивность  $L_к$  первичной обмотки  $\omega_1$  трансформатора.

В момент включения питания в коллекторной цепи транзистора  $VT$  появляется коллекторный ток, заряжающий емкость  $C_к$  контура  $L_кC_к$ . В следующий момент времени заряженный конденсатор разряжается на катушку индуктивности. Сигнал ОС снимается со вторичной обмотки  $\omega_2$ , индуктивно связанный с обмоткой  $\omega_1$ , и через разделительный конденсатор  $C_{p1}$  подается на вход транзистора. Поскольку напряжение ОС меньше выходного напряжения, отношение числа витков первичной и вторичной обмоток должно быть  $\omega_1/\omega_2 > 1$ . Если принять индуктивную связь обмоток

( $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ) идеальной, то для обеспечения условия баланса амплитуд необходимо, чтобы

$$\beta \geq \sqrt{\frac{L_K}{L_6}} = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (3)$$

где  $\beta$  - коэффициент передачи тока транзистора в точке покоя.

Частота колебаний будет близка к резонансной частоте колебательного контура и определяется по формуле:

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L_K C_K}} \quad (4)$$

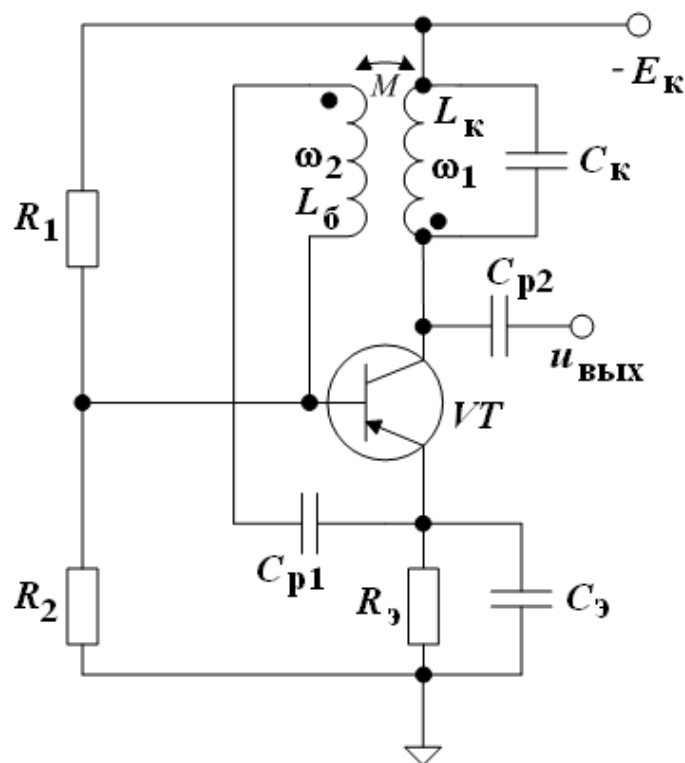


Рис. 2. Схема LC-автогенератора