

ТЕМА 9

ГЕНЕРАЦИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Генераторы - электронные устройства создающие электрические колебания определенной амплитуды, частоты и формы. Энергия генерируемых колебаний появляется в результате преобразования энергии подключенных к генератору источников тока.

По форме генерируемого сигнала генераторы бывают *гармонические, прямоугольные и пилообразные*.

По способу возбуждения генераторы бывают с внешним возбуждением и с самовозбуждением (автогенераторы).

Самовозбуждение означает, что для получения колебаний в таком генераторе не нужен дополнительный источник электрических колебаний.

Автогенератор можно образовать путем подключения к усилителю цепи положительной обратной связи (рис.1).

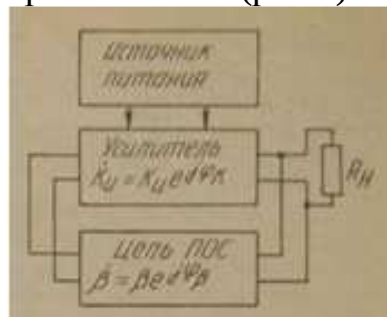


Рис.1

Появление на входе усилителя переменного напряжения амплитудой $U_{Вхм}$ приводит к возникновению на его выходе напряжения амплитудой

$\dot{U}_{Выхм} = \dot{K}_u \dot{U}_{Вхм}$. По цепи обратной связи на вход усилителя передается

напряжение амплитудой $\dot{U}_{Ост} = \beta \dot{U}_{Выхм} = \beta \dot{K}_u \dot{U}_{Вхм}$. Очевидно, что при

$\beta \dot{K}_u = 1$ $\dot{U}_{Ост} = \dot{U}_{Вхм}$ т. е. по цепи обратной связи на вход усилителя

поступает напряжение, равное входному. Соотношение $\beta \dot{K}_u = 1$ определяет условие существования в усилителе с обратной связью этого стационарного процесса.

Комплексные числа $\dot{K}_u$ и $\dot{\beta}$ можно представить в виде $\dot{K}_u = K_u e^{j\varphi_K}$, $\dot{\beta} = \beta_u e^{j\varphi_\beta}$, тогда $\dot{\beta} \dot{K}_u = K_u e^{j\varphi_K} \beta_u e^{j\varphi_\beta} = 1$. Это равенство выполняется, если $K_u \beta = 1$ и $\varphi_K + \varphi_\beta = \pm 2\pi k$, где $k = 0, 1, 2, \dots$. Первое равенство называется условием баланса амплитуд. Второе равенство называют условием баланса фаз.

Различают «мягкий» и «жесткий» режим самовозбуждения. Первый – на входе усилителя первоначально малые изменения напряжения, второй – большие.

Режимы работы автогенератора определяются величиной обратной связи:

Недонапряженный - это когда при увеличении обратной связи амплитуда напряжений возрастает без искажений.

Критический - увеличение обратной связи не приводит к увеличению амплитуды колебаний, при этом искажения формы тока незначительны.

Перенапряженный — возрастание амплитуды колебаний не происходит, а происходит искажение формы сигнала.

LC-генератор с индуктивной обратной связью. Применяется для получения высокочастотных гармонических колебаний и представляет собой резонансный усилитель с параллельным $L_k C_k$ колебательным контуром, включенным в цепь коллектора. К усилителю подключена цепь положительной обратной связи в виде катушки $L_{св}$ и конденсатора C_1 , соединяющего по переменному току базу транзистора с землей (рис.2).

Работа автогенераторов LC типа основана на поддержании в контуре незатухающих колебаний за счет пополнения потерь энергии в нем путем периодической подзарядки конденсатора от источника постоянного тока.

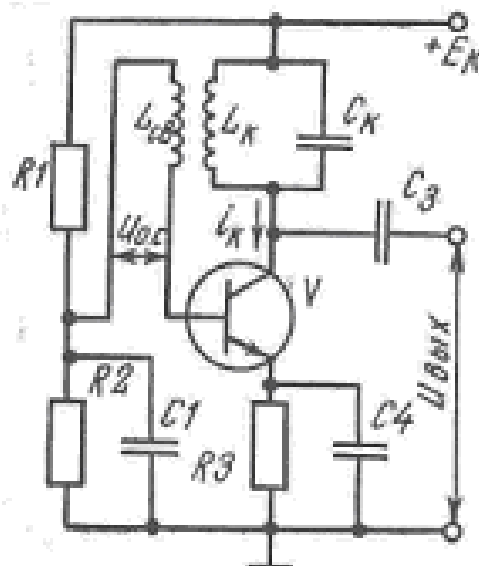


Рис.2

Частота колебаний в контуре определяется параметрами колебательного контура: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}$.

RC — генераторы гармонических колебаний.

Используются для получения низкочастотных колебаний и представляют собой апериодический усилитель с избирательными цепями обратной связи или связи между каскадами, содержащими лишь резисторы и конденсаторы. Широкое распространение получили две разновидности генераторов этого типа:

- генераторы с поворотом фазы напряжения на 180° в цепи обратной связи (генераторы с фазосдвигающими цепочками)
- генераторы без поворота фазы напряжения в цепи обратной связи (генераторы с мостом Вина).

Первый генератор (рис.3) представляет собой однокаскадный резисторный усилитель с общим эмиттером, имеющим три или больше RC-звеньев в цепи обратной связи.

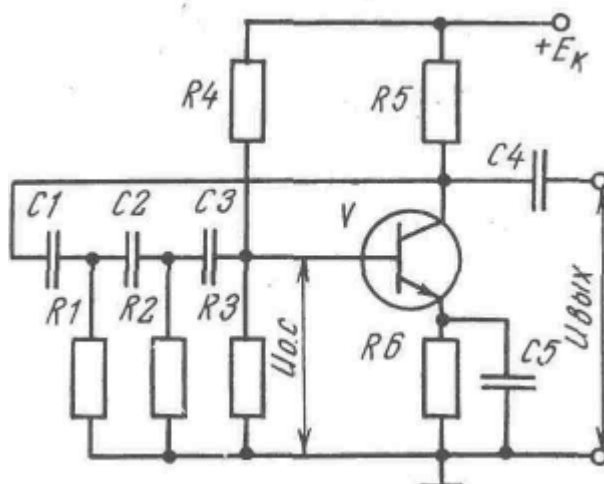


Рис.3

Широко используются два варианта соединений резисторов и конденсаторов в RC-звеньях, образующих цепь обратной связи (рис. 4).

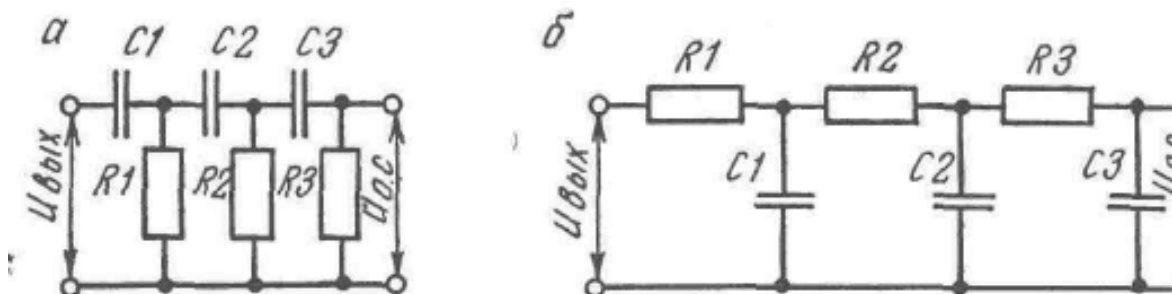


Рис.4(а,б)

От количества звеньев, способа соединения элементов и их параметров зависят значение коэффициента обратной связи β , который

определяется из условия: $K_U \geq \frac{1}{\beta}$

Фазовращающие RC – цепи существенно уменьшают сигнал, поступающий на вход усилителя, поэтому: $K_U \geq 1/\beta = 29$

Частота ω для варианта R-параллель (фазовый сдвиг на угол π), (рис.4а) вычисляется по формуле $\omega = \frac{1}{\sqrt{6RC}}$;

С-параллель (фазовый сдвиг на угол $-\pi$) (рис.4 б) по формуле $\omega = \frac{\sqrt{6}}{RC}$.

Условие баланса фаз $\varphi = 0^\circ, 180^\circ, 360^\circ, \dots$

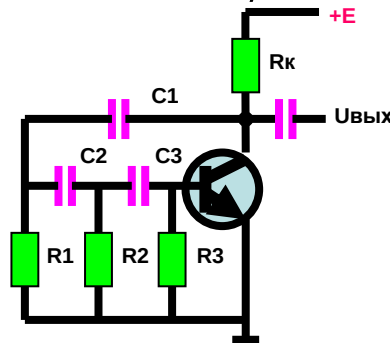


Рис.5

при трех и четырех звеньях выполняется на разных частотах. Если в RC-генераторе (рис.5) $R_1=R_2=R_3$ и $C_1=C_2=C_3$, то резонансная частота генератора определяется по формулам, приведенным в таблице.

Схема	Число звеньев	Формула для расчета частоты
R-параллель	3	$f = \frac{0,065}{RC}$
R-параллель	4	$f = \frac{0,133}{RC}$
С-параллель	3	$f = \frac{0,39}{RC}$
С-параллель	4	$f = \frac{0,19}{RC}$

Для нормальной работы генераторов необходим согласующий каскад—эмиттерный повторитель (рис.6), выполненный на транзисторе V_2 .

В генераторах без поворота фазы в цепи обратной связи (рис.6) ставят двухкаскадный усилитель, который не вносит фазовых сдвигов.

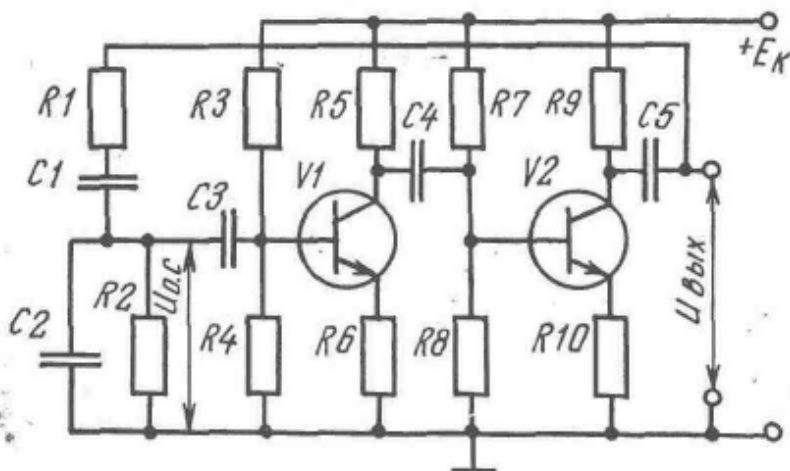


Рис.6

Генерация колебаний в узкой полосе достигается введением специальной избирательной цепи обратной связи содержащей последовательно соединенные резистор R_1 и конденсатор C_1 и параллельно включенные резистор R_2 и конденсатор C_2 . Подобную последовательно-параллельную избирательную цепь наз. *мостом Вина* (рис.7).

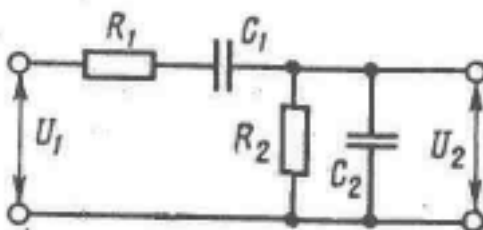


Рис.7

RC-генератор с мостом Вина обеспечивает нулевой сдвиг между входным и выходным напряжениями на квази-резонансной частоте f_0 . Генерируемые колебания имеют синусоидальную форму с частотой f_0

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Обычно $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = C$, тогда

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}; \quad \beta = \frac{1}{3}$$

Коэффициент усиления K_U определяет величину коэффициента обратной связи в генераторе β , и равен трем.

Двухкаскадный усилитель имеет значительный запас по усилению, и возбуждение колебаний в генераторе с мостом Вина происходит без осложнений.

RC-генераторы преимущественно используются для получения гармонических колебаний звуковой частоты.