

Работа 6.2. Исследование *RC*-генератора с фазосдвигающей цепью

6.2.1. Общие сведения о генераторах гармонических колебаний

В радиоэлектронике, вычислительной технике, системах автоматического управления используют *генераторы сигналов* – устройства, которые служат для получения периодических незатухающих колебаний заданной формы.

Главная особенность колебаний, наблюдаемых в генераторе, состоит в том, что они обусловлены не внешними воздействиями, а свойствами устройства. Такие колебания, возникающие самостоятельно, в отсутствие внешних воздействий, называют *автоколебаниями*.

Структурная схема генератора сигналов показана на рис. 6.2.1. Она состоит из двух частей – усилителя (активного элемента) и частотно-селективной цепи положительной обратной связи с передаточной функцией $K_{oc}(j\omega)$, по которой колебания с выхода усилителя поступают на его вход.

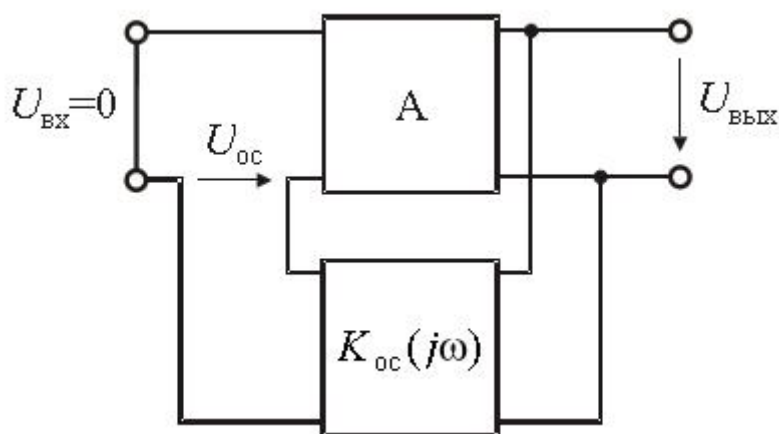


Рис. 6.2.1

Причиной возникновения колебаний служат флуктуации – слабые колебания, происходящие случайным образом. Колебания, возникающие на входе активного элемента, усиливаются и через цепь обратной связи вновь поступают на вход. Если обратная связь положительна, сигналы на входе складываются, и выходной сигнал лавинообразно растет. Такой процесс называют *самовозбуждением* генератора.

Самовозбуждение имеет место, если коэффициент передачи в замкнутой петле обратной связи больше единицы:

$$K = A \cdot K_{oc}(j\omega) > 1. \quad (6.2.1)$$

Нарастание колебаний происходит до тех пор, пока активный элемент не перейдет в нелинейный режим. При этом коэффициент усиления

уменьшается до значения, при котором коэффициент передачи в замкнутой петле обратной связи становится равным единице:

$$K = A \cdot K_{oc}(j\omega) = 1. \quad (6.2.2)$$

При выполнении такого условия в генераторе устанавливается стационарный режим. В этом режиме колебания имеют постоянную амплитуду и частоту.

Представим коэффициент передачи цепи обратной связи в комплексной форме:

$$K_{oc}(j\omega) = |K_{oc}(j\omega)| e^{j\varphi(\omega)}.$$

Тогда условие (6.2.2) можно записать в виде

$$A \cdot |K_{oc}(j\omega)| = 1; \quad (6.2.3)$$

$$\varphi(\omega) = 2n\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (6.2.4)$$

Равенство (6.2.3) называют *условием баланса амплитуд*, а равенство (6.2.4) – *условием баланса фаз*. Одновременное выполнение условий (6.2.3) и (6.2.4) соответствует установившемуся режиму работы генератора.

Для получения гармонических колебаний низкой частоты (менее 10 кГц) используют *RC*-генераторы. В качестве цепей обратной связи применяют многозвенные *RC*-цепи, мост Вина – Робинсона, двойные Т-образные мосты. Наибольшее распространение получили генераторы с мостом Вина – Робинсона, а также генераторы с фазосдвигающей *RC*-цепью.

6.2.2. *RC*-генератор с фазосдвигающей цепью

RC-генератор с фазосдвигающей цепью показан на рис. 6.2.2. Операционный усилитель и резистор R_1 реализуют преобразователь ток-напряжение (ИНУТ), передаточное сопротивление которого равно R_0 . В качестве цепи обратной связи используется трехзвенная фазосдвигающая *RC*-цепь. Сопротивления резисторов и емкости конденсаторов выбраны одинаковыми. Трехзвенная цепь выбрана потому, что это *RC*-цепь минимального порядка, обеспечивающая требуемый фазовый сдвиг.

Передаточная проводимость цепи обратной связи

$$Y(j\omega) = \frac{\omega^2 C^2 R}{4 + j(3\omega RC - 1/\omega RC)}.$$

На частоте $\omega_0 = 1/(\sqrt{3}RC)$ передаточная проводимость принимает вещественное значение, равное $1/12R$. Условие баланса амплитуд на частоте ω_0 выполняется, если $R_0 \geq 12R$.

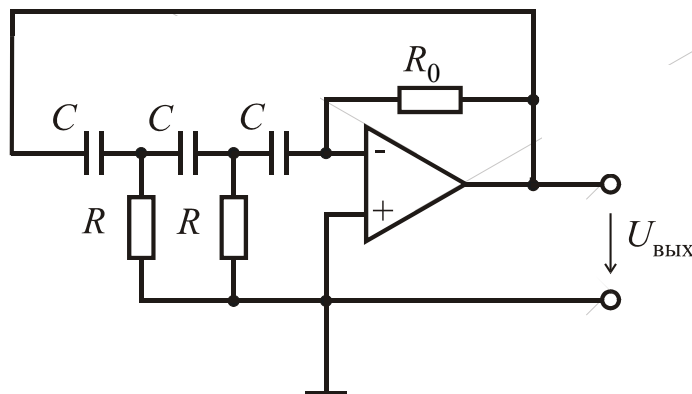


Рис. 6.2.2

Пример 6.2.1. Рассчитать частоту колебаний генератора с фазосдвигающей цепью (рис. 6.2.2), если $R = 10$ кОм, $C = 16$ мкФ. Каким должно быть сопротивление резистора R_0 в установившемся режиме?

Решение. Периодические колебания в схеме на рис. 6.2.2 возникают на частоте $f_0 = 2\pi/(\sqrt{3}RC) \approx 575$ Гц. Сопротивление резистора R_0 должно быть равно 120 кОм.

Рекомендации по сборке схем

При сборке схемы генератора использовать модели операционных усилителей LM324 или uA741 из библиотеки EVAL.slb. Примеры схем можно найти в файлах W6_2_1, W6_2_2 в папке Electronics\Labs.

Рекомендуемая литература

1. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 790 с.
2. Быстров, Ю. А. Электронные цепи и микросхемотехника: учеб. / Ю. А. Быстров, И. Г. Мироненко. – М.: Высш. шк., 2002. – 384 с.: ил.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
4. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. Пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.

