

Работа 6.1. RC-генератор с мостом Вина

6.1.1. 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. 6.1.1. 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.

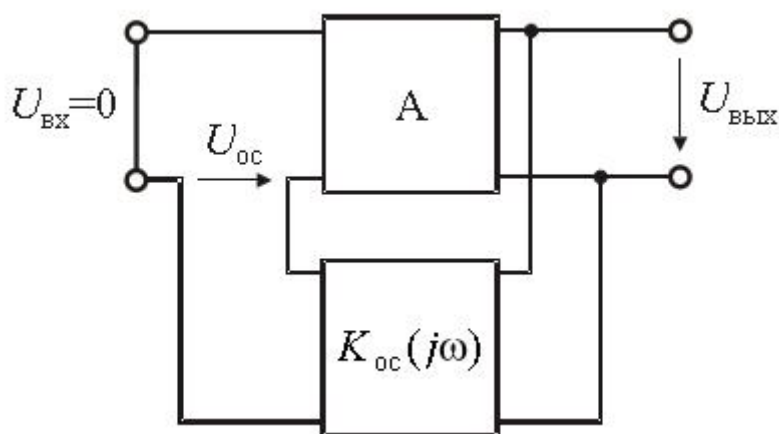


Рис. 6.1.1

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

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

$$K = A \cdot K_{oc}(j\omega) > 1. \quad (6.1.1)$$

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:

$$K = A \cdot K_{oc}(j\omega) = 1. \quad (6.1.2)$$

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 (6.1.2) можно записать в виде

$$A \cdot |K_{oc}(j\omega)| = 1; \quad (6.1.3)$$

$$\varphi(\omega) = 2n\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (6.1.4)$$

Равенство (6.1.3) называют *условием баланса амплитуд*, а равенство (6.1.4) – *условием баланса фаз*. Одновременное выполнение условий (6.1.3) и (6.1.4) 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.

6.1.2. *RC*-генератор с мостом Вина – Робинсона

Схема генератора показана на рис. 6.1.2. Операционный усилитель и резисторы R_1, R_2 реализуют усилитель с коэффициентом передачи

$$A = \frac{R_1 + R_2}{R_1}.$$

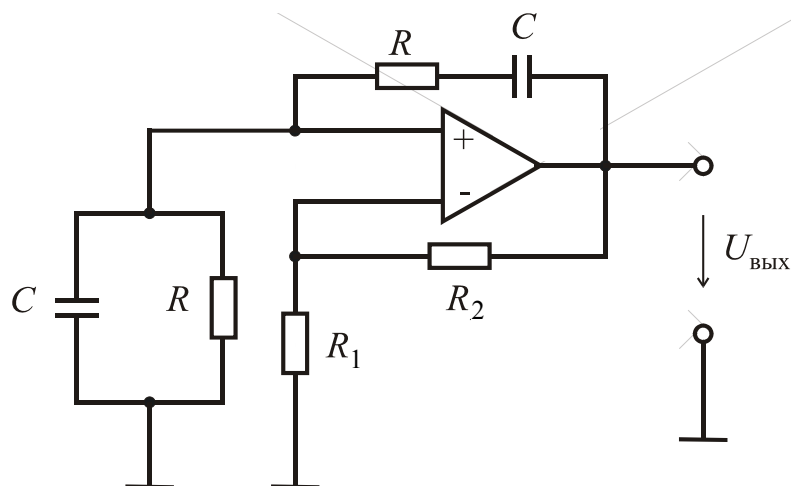


Рис. 6.1.2

Цепью обратной связи служит мост Вина – Робинсона (мост Вина), показанный на рис. 6.1.3. Для упрощения выводимых соотношений сопротивления резисторов и емкости конденсаторов в продольной и поперечной ветвях моста выбраны одинаковыми. Передаточная функция моста Вина

$$H_{oc}(j\omega) = \frac{j\omega}{-\omega^2 + j3\omega + \frac{1}{RC}}$$

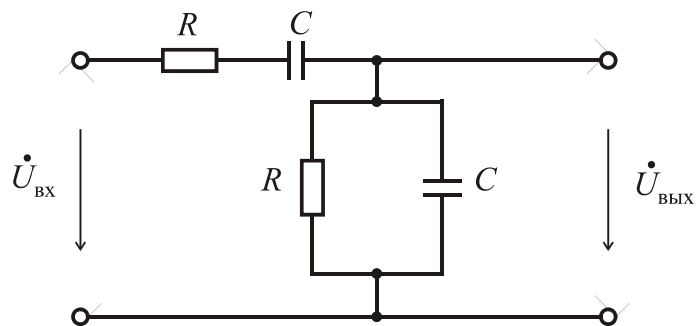


Рис. 6.1.3

Амплитудно-частотная характеристика принимает максимальное значение, равное $1/3$, на частоте $\omega_0 = 1/\sqrt{RC}$. Значение фазочастотной характеристики на этой частоте равно нулю. Условие баланса амплитуд на частоте ω_0 выполняется, если коэффициент передачи усилителя $A = 3$. Такое усиление обеспечивается при $R_2/R_1 = 2$.

На этапе самовозбуждения для нарастания амплитуды колебаний должно выполняться условие $A > 3$. В установившемся режиме коэффициент передачи усилителя должен уменьшиться до 3. Для стабилизации коэффициента усиления в цепь обратной связи ОУ включают нелинейные элементы.

Один из вариантов RC -генератора с нелинейной цепью обратной связи показан на рис. 6.1.4. Нелинейной цепью является двухполюсник, образованный параллельным соединением резистора R_0 и двух встречно включенных диодов.

Напряжение на зажимах нелинейного двухполюсника не превышает 0.7 В (в случае кремниевых диодов). Поэтому по мере нарастания выходного напряжения коэффициент усиления уменьшается до 3.

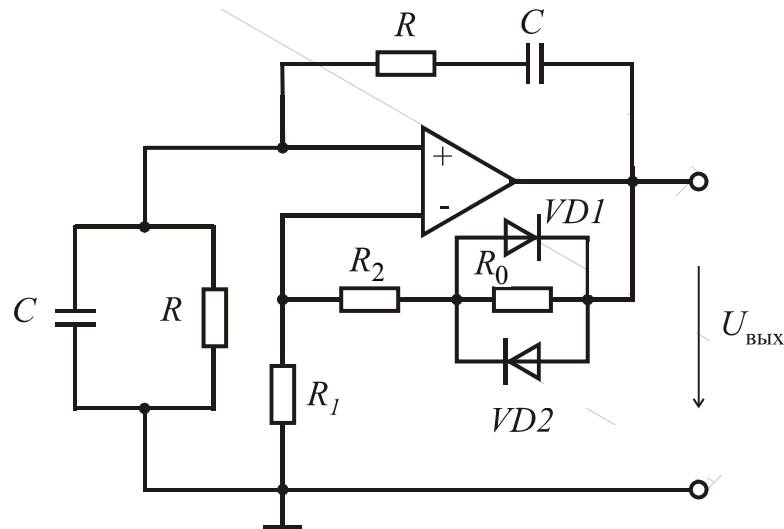


Рис. 6.1.4

RC -генераторы с мостом Вина используют для получения гармонических колебаний частотой от 1 Гц до 200 кГц. Перестройку частоты осуществляют путем одновременного изменения сопротивлений резисторов в мосте.

Пример 6.1.1. Определить минимальное значение сопротивления R_1 в RC -генераторе на рис. 6.1.4, при котором на выходе будут наблюдаться нарастающие колебания. Сопротивление $R_0 = 10$ кОм, $R_1 + R_2 = 50$ кОм.

Решение. Колебания на выходе генератора будут нарастать, если $\frac{R_0 + R_2}{R_1} \geq 2$. Учитывая, что $R_1 + R_2 = 50$ кОм, находим минимальное значение сопротивления R_1 , обеспечивающее самовозбуждение генератора: $R_1 = 20$ кОм.

Рекомендации по сборке схем

При сборке схемы генератора использовать модели операционных усилителей LM324 или uA741 из библиотеки EVAL.slb. Примеры схем генераторов можно найти в файлах W6_1_1, W6_1_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.