

Работа 6.3. LC-генераторы гармонических колебаний

6.3.1. 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 показана на рис. 6.3.1. 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.

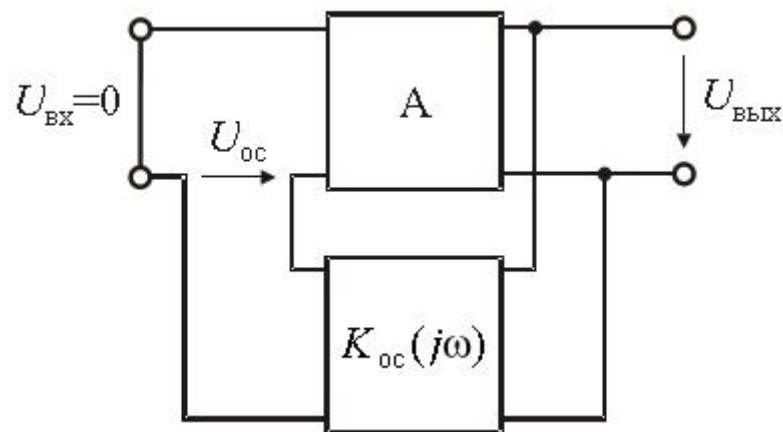


Рис. 6.3.1

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:

$$K = A \cdot K_{oc}(j\omega) > 1. \quad (6.3.1)$$

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

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

$$K = A \cdot K_{oc}(j\omega) = 1. \quad (6.3.2)$$

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 (6.3.2) можно записать в виде

$$A \cdot |K_{oc}(j\omega)| = 1; \quad (6.3.3)$$

$$\varphi(\omega) = 2n\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (6.3.4)$$

Равенство (6.3.3) называют *условием баланса амплитуд*, а равенство (6.3.4) – *условием баланса фаз*. Одновременное выполнение условий (6.3.3) и (6.3.4) соответствует установившемуся режиму работы генератора.

6.3.2. LC-генераторы гармонических колебаний

Схема LC-генератора гармонических колебаний на операционном усилителе показана на рис. 6.3.2. Цепь обратной связи образована резистором R_3 и параллельным колебательным контуром. Последовательная цепь, состоящая из элементов R_k , L_k , представляет схему замещения реальной индуктивной катушки. Операционный усилитель и резисторы R_1 , R_2 реализуют усилитель с коэффициентом передачи

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

Коэффициент передачи цепи обратной связи

$$H_{oc}(j\omega) = \frac{j\omega \frac{1}{R_3 C}}{-\omega^2 + j\omega \frac{1}{R_3 C} + \frac{1}{LC}}.$$

Частота автоколебаний совпадает с резонансной частотой колебательного контура

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$$

На резонансной частоте значение АЧХ $H_{oc}(\omega_0) = 1$, а ФЧХ равна нулю: $\varphi(\omega_0) = 0$. При $A > 1$ на выходе цепи будут наблюдаться колебания нарастающей амплитуды. Рост амплитуды колебаний будет продолжаться до тех пор, пока ОУ не перейдет в режим насыщения. После этого на выходе генератора будут наблюдаться колебания с частотой ω_0 и постоянной амплитудой. Если добротность контура велика, колебания на зажимах LC-цепи имеют синусоидальную форму.

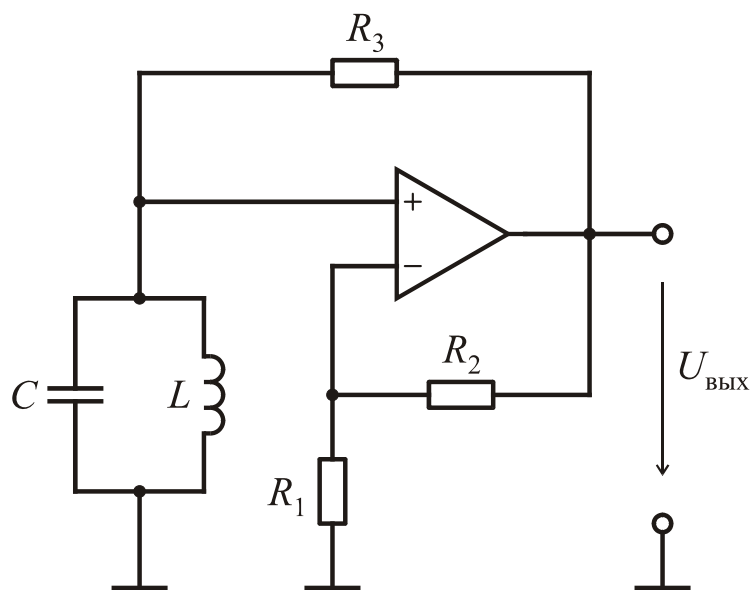


Рис. 6.3.2

Таким образом, для обеспечения самовозбуждения LC-генератора на рис. 6.3.2 необходим активный элемент с коэффициентом усиления, несколько большим единицы. В последующем коэффициент усиления снижается за счет нелинейности передаточной характеристики ОУ.

Рекомендации по сборке схем

При сборке схемы генератора использовать модели операционных усилителей LM324 или uA741 из библиотеки EVAL.slb. Пример схемы LC-генератора на ОУ можно найти в файле W6_3 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.