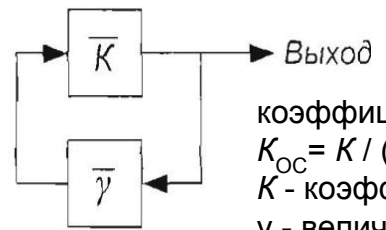


Схемотехника электронных средств

Генераторы гармонических колебаний

Усилительное звено



Условия возникновения колебаний. Положительная обратная связь является главной особенностью всех генераторов.

коэффициент усиления любого усилителя с обратной связью

$$K_{OC} = K / (1 \pm K\gamma),$$

K - коэффициент усиления без обратной связи,

γ - величина, показывающая какая часть выходного сигнала возвращается на вход,

«+» в знаменателе - при ООС, «-» - ПОС. В случае ПОС может выполняться условие $1 - K\gamma = 0$ или $K\gamma = 1$, которое дает бесконечное значение для K_{OC} . Это означает, что усилитель создает выходной сигнал в отсутствие входного, что и является условием генерации. γ и K зависят от частоты и являются комплексными числами. Условие генерации $K\gamma = 1, \phi + \psi = 2\pi n$,

где K и ϕ, γ и ψ - соответственно модуль и фаза коэффициента передачи усилителя и цепи обратной связи, $n = 0, 1, 2, 3...$

Эти выражения называются соответственно условиями баланса амплитуд и баланса фаз.

Если условие самовозбуждения (генерации) выполняется только для одной частоты, то на выходе генератора поддерживается синусоидальное напряжение этой частоты (именно это характерно для генераторов гармонических колебаний). Если это условие выполняется для нескольких частот, то выходное напряжение оказывается несинусоидальным, в нем имеется несколько гармоник.

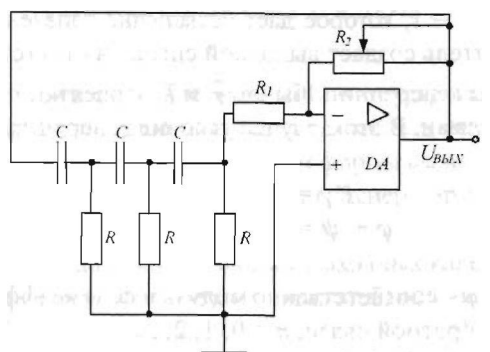
Из этого следует, что генератор гармонических колебаний должен содержать по крайней мере одну частотно-избирательную цепь, которая бы обеспечивала выполнение условия самовозбуждения на заданной частоте. В зависимости от вида частотно-избирательной цепи, использующейся в генераторе, генератор относят к тому или иному типу. По виду используемой цепи разделяют LC-, RC- и кварцевые генераторы, в которых используются кварцевые резонаторы. В некоторых схемах совместно используются кварцевые резонаторы и LC-контур.

Генераторы с RC-фазосдвигающими цепочками.

Чтобы получить колебания, необходима фазосдвигающая цепь, поскольку усилитель дает сдвиг фазы выходного сигнала относительно входного 180° . Следовательно, для получения ПОС внешняя цепь (три цепочки RC) должна сдвигать фазу еще на 180° . Такой трехступенчатый фильтр дает такой сдвиг фаз на частоте

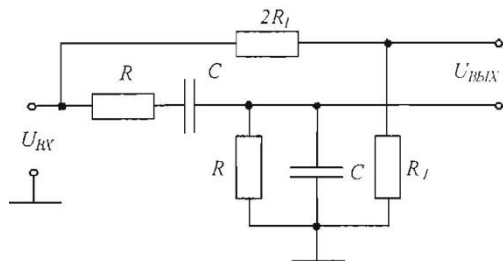
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}.$$

Это обеспечивает условие баланса фаз. В связи с избыточностью коэффициента усиления ОУ условие баланса амплитуд обеспечивается без затруднения. Большое входное и малое выходное сопротивления ОУ позволяют осуществить режим практически идеального согласования фазирующей цепи с усилительным звеном.



Генераторы гармонических колебаний

Генераторы с мостом Вина



является наиболее популярной среди схем RC -генераторов. Обладает хорошей стабильностью частоты и может давать очень малые искажения, кроме того, фильтр легко перестраивается.

При частоте входного сигнала, равной резонансной частоте $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$,

напряжение на выходе $U_{ВЫХ}$ равно нулю (при ненулевом входном напряжении $U_{ВХ}$). Включая мост Вина в цепь ОС усилителя, можно получить генератор гармонических колебаний.

В реальных схемах генераторов необходимо соблюдать условие баланса амплитуд, для этого нужно коэффициент передачи моста Вина сделать несколько отличным от нуля.

Поэтому реально мост работает с некоторым рассогласованием, при котором изменяются указанные на схеме соотношения сопротивлений в резистивном плече моста.

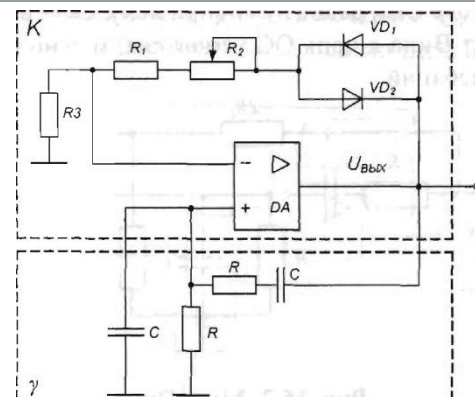
LC-генераторы

Наиболее распространенный способ получения высокочастотных колебаний - это применение генератора, в котором LC -контур, настроенный на определенную частоту, подключен к усилительной схеме, чтобы обеспечить необходимое усиление на его резонансной частоте: Охватывающая схему петля положительной обратной связи применяется для поддержания колебаний на резонансной частоте LC -контура, и такая схема будет самозапускающейся.

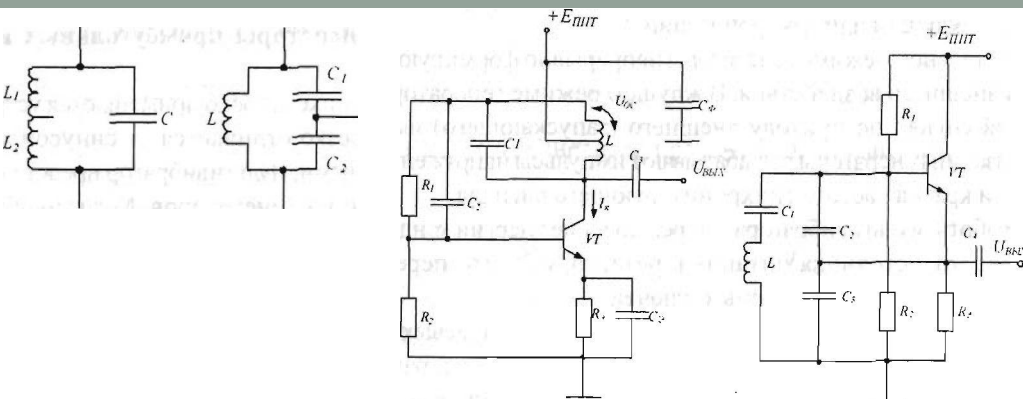
Эти генераторы имеют сравнительно высокую стабильность частоты колебаний, устойчиво работают при значительных изменениях параметров активных элементов, обеспечивают получение колебаний, имеющих малый коэффициент гармоник. К недостаткам их относятся трудности изготовления температурно-независимых индуктивностей, а также их высокая стоимость и громоздкость.

Сущность самовозбуждения заключается в следующем. При включении источника питания конденсатор колебательного контура, включенного чаще всего в коллекторную цепь транзистора, заряжается. В контуре возникают затухающие колебания, причем часть тока (напряжения) этих колебаний подается на управляющие электроды управляющего активного элемента, образуя положительную обратную связь. Это приводит к пополнению энергии LC -контура, Автоколебания превращаются в незатухающие. Частота автоколебаний определяется резонансной частотой LC -контура:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$



Генераторы гармонических колебаний



используются трехвыводные резонансные контуры, называемые трехточками: индуктивной и емкостной. В схемах генераторов три вывода LC -контура подключают к трем выводам транзисторов.

На рис. показаны схемы генераторов с индуктивной и с емкостной трехточкой.

На рис. 1 источник питания $U_{ПИТ}$ подключен к части витков катушки индуктивности L , что уменьшает его шунтирующее действие и повышает добротность колебательного контура $LC1$. Сопротивление разделительного конденсатора $C2$ на частоте колебаний близко к нулю. На рис. 2 показан генератор, собранный по схеме емкостной трехточки. В нем напряжение обратной связи снимается с конденсатора $C2$. Энергия, поддерживающая автоколебания, вводится в форме тока I_3 . Для уменьшения шунтирующего действия транзистора он подключен к контуру через емкостной делитель напряжения.

Перестройку частоты автоколебаний осуществляют изменением емкости конденсатора, включенного в колебательный контур. В качестве такого конденсатора используется варикап и перестройка частоты осуществляется электрическим путем. Изменяя приложенное к нему постоянное напряжение, изменяют его емкость, и, соответственно, резонансную частоту контура. Относительная нестабильность частоты у автогенераторов $10^{-3} \div 10^{-5}$.

Генераторы прямоугольных импульсов

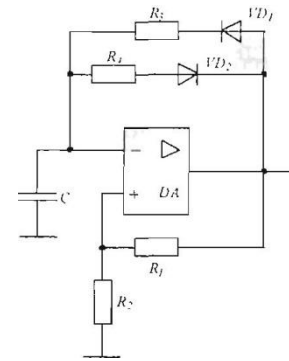
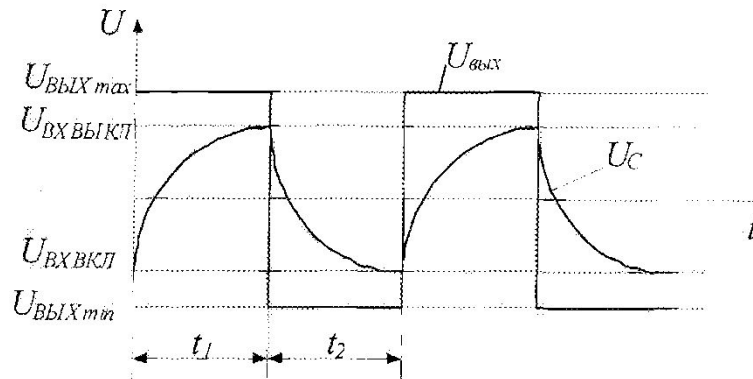
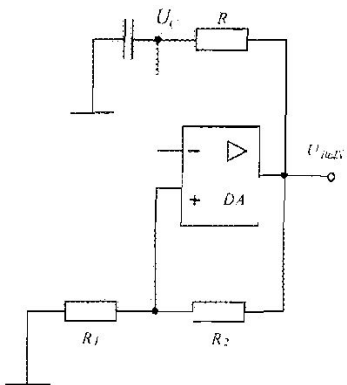
В электронной технике широко применяются устройства, форма выходного напряжения которых резко отличается от синусоидальной. Такие колебания называют релаксационными, мультивибратор - разновидность одного из релаксационных генераторов. Мультивибратор (от латинских слов *multim* - много и *vibro* - колеблю) - релаксационный генератор импульсов прямоугольной формы, выполненный в виде усилительного устройства с цепью положительной обратной связи (ПОС). Генераторы импульсных сигналов могут работать в одном из трех режимов: автоколебательном, ждущем или синхронизации.

В автоколебательном режиме генераторы непрерывно формируют импульсные сигналы без внешнего воздействия. В ждущем режиме генераторы формируют импульсный сигнал по приходу внешнего (запускающего) импульса. В режиме синхронизации генераторы вырабатывают импульсы напряжения, частота которых равна или кратна частоте синхронизирующего сигнала.

Сущность работы мультивибратора - переключение энергии конденсатора C с заряда на разряд, от источника питания к резистору R . Переключение осуществляется с помощью электронных ключей.

Мультивибратор можно построить на базе биполярных и полевых транзисторов, операционных усилителей, таймеров, потенциальных логических элементов или специализированных интегральных микросхем. Последний вариант наибольшее распространение.

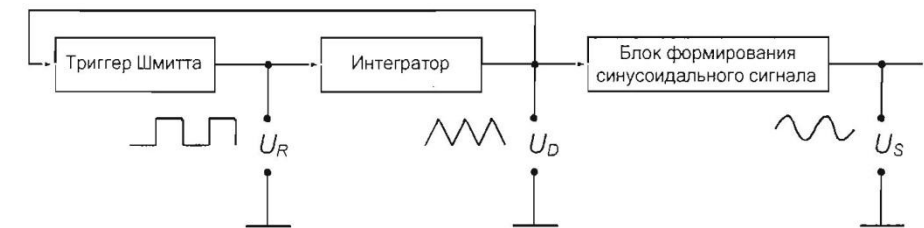
Генераторы гармонических колебаний



Работает он таким образом: допустим, что когда впервые прикладывается напряжение, выходной сигнал ОУ выходит на положительное насыщение (каким образом это произойдет - неважно). Конденсатор начинает заряжаться до напряжения $U_{ВВКЛ}$ с постоянной времени, равной $\tau = RC$. Когда напряжение конденсатора достигнет напряжения $U_{ВВКЛ} R_1/(R_1+R_2)$, ОУ переключается в состояние отрицательного насыщения (он включен как триггер Шмитта) и конденсатор начинает разряжаться до $U_{ВВКЛ} R_1/(R_1+R_2)$ с той же самой постоянной времени. Цикл повторяется с независимым от напряжения питания периодом $T = 1/2, 2RC$.

Функциональные генераторы

одно время выработывает колебания различных видов: прямоугольные, треугольные, синусоидальные, можно реализовать на ОУ. Генерация переменного напряжения треугольной формы осуществляется по простой схеме с помощью интегратора и триггера Шмитта. В свою очередь, используя простой блок формирования синусоидальной функции (например, фильтр нижних частот) из треугольного напряжения можно получить синусоидальное.



Генераторы гармонических колебаний

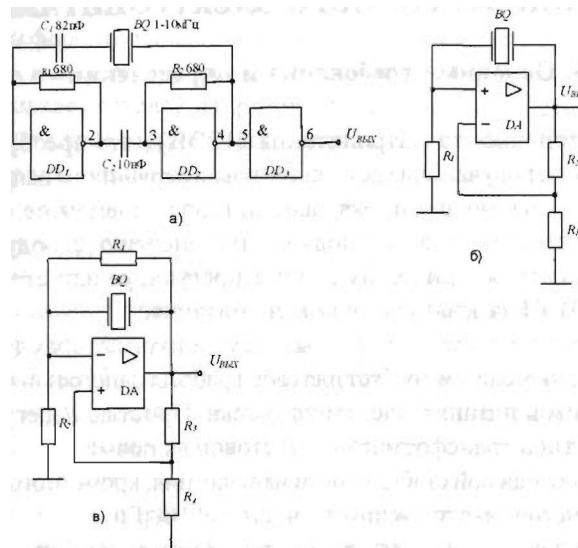
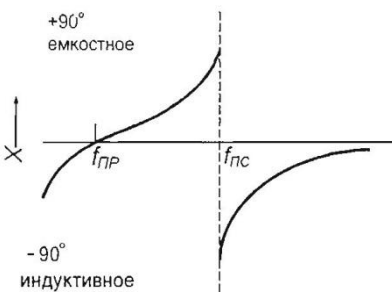
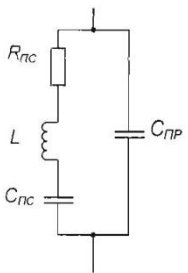
Кварцевые генераторы

Генераторы с кварцевыми резонаторами (просто кварцевые генераторы) применяют для получения колебаний стабильной частоты. Кварцевый резонатор является высокочастотным фильтром, частотные свойства которого определяются геометрическими размерами и типом колебаний пластины.

Применение кварцевых резонаторов позволяет обеспечить относительное изменение частоты, не превышающее $10^{-6} \div 10^{-9}$, что на несколько порядков лучше соответствующих параметров LC - и RC -генераторов.

Для изготовления кварцевых резонаторов используют природный или искусственный монокристаллический кварц. В нем существуют прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. Прямой пьезоэффект характеризуется тем, что при приложении к пластине кварца механического напряжения на обкладках появляется электрический заряд пропорциональный приложенному напряжению. Обратный пьезоэффект сводится к тому, что приложенное к пластине электрическое напряжение приводит к возникновению механических напряжений, изменяющих форму и размеры пластины. Механические колебания кварца возможны на резонансной частоте кварца, определяемой его геометрическими размерами.

Помещая на поверхность кристалла контакты, можно превратить его в схемный элемент, эквивалентный RLC -схеме, заранее настроенный на определенную частоту. Эквивалентная схема этого элемента содержит два конденсатора (рис. а), дающих пару близко расположенных резонансных частот - последовательного и параллельного резонанса (рис. б), отличающихся друг от друга не более чем на 1%. Высокая добротность кварцевых резонаторов (обычно около 10000) и хорошая стабильность делают эффективным его применение как задающего элемента в генераторах и фильтрах с улучшенными параметрами.



В схемах кварцевых генераторов, как и в LC -генераторах, вводят положительную обратную связь и обеспечивают надлежащее усиление на резонансной частоте, что обеспечивает автоколебания. Их можно выполнять по схемам, использующим как последовательный, так и параллельный резонансы в электрической цепи. На практике используют оба вида резонансов. Возможно, также в небольших пределах регулировать частоту, на которой возбуждается кварцевый резонатор, включением последовательно или параллельно с ним конденсаторов.