

Тема: ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ. LC-ГЕНЕРАТОРЫ. RC-ГЕНЕРАТОРЫ.

Цель: студенты должны изучить:

- общие сведения генераторов;
- классификация генераторов;
- структурную схему генератора гармонических колебаний;
- схему LC-генератора;
- схему RC-генератора.

ПЛАН:

1. **Общие сведения и классификация генераторов.**
2. **LC - генераторы.**
3. **RC - генераторы.**

Ключевые термины:

- колебание;
- генератор;
- автогенератор;
- обратная связь;
- генератор гармонических колебаний;
- режим работы генератора;
- RC генератор;
- LC генератор.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются определенной повторяемостью во времени. Колебательные процессы широко распространены в природе и технике, например качания маятника часов, переменный электрический ток и т.д.

Физическая природа колебаний может быть разной, поэтому различают колебания механические, электромагнитные и другие. Однако различные колебательные процессы описываются одинаковыми характеристиками и одинаковыми уравнениями.

Колебания называются **свободными** (или собственными), если они совершаются за счет первоначально совершенной энергии при последующем отсутствии внешних воздействий на колебательную систему (систему, совершающую колебания). Простейшим типом колебаний являются гармонические колебания - колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса (косинуса).

Генератор – это электрическая цепь, которая генерирует периодический сигнал переменного тока. Частота сигнала может измеряться от нескольких герц до многих миллионов герц.

По форме выходных колебаний генераторы делятся на 2 группы:

- 1) Генераторы гармонических колебаний;
- 2) Генераторы разрывных колебаний (импульсные генераторы).

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

Устройства, в которых колебания возникают без дополнительных внешних воздействий, называются **автогенераторами**, или генераторами с самовозбуждением. Автогенераторы, генерирующие высокочастотные (ВЧ) колебания, обычно строятся с применением элементов, использующих явление резонанса в колебательном контуре (LC-генераторы), либо в пьезоэлектрическом резонаторе. Автогенераторы низкочастотных (НЧ) колебаний (десятки кГц) строятся на основе резисторноемкостных схем (RC-генераторы).

Генератором гармонических колебаний называют устройство, создающее переменное синусоидальное напряжение при отсутствии входных сигналов. В схемах генераторов всегда используется положительная обратная связь.

Положительная обратная связь – это подача в колебательный контур части выходного сигнала для поддержки колебаний. Сигнал обратной связи должен совпадать по фазе с сигналом в колебательном контуре.

Генератор электрических колебаний – это нелинейное устройство, преобразующее энергию источника постоянного тока в энергию колебаний.

Генераторы широко используются в электронике: в радиоприемниках и телевизорах, в системах связи, компьютерах, промышленных системах управления и устройствах точного измерения времени.

На рис. 1 изображена функциональная схема генератора.

Выходное напряжение генератора может быть синусоидальным, прямоугольным или пилообразным в зависимости от типа генератора.

Когда колебательный контур возбуждается внешним источником постоянного тока, в нем возникают колебания. Эти колебания являются затухающими, поскольку активное сопротивление колебательного контура поглощает энергию тока. Для поддержания колебаний в колебательном контуре поглощенную энергию необходимо восполнить. Это осуществляется с помощью положительной обратной связи.

Генератор можно разбить на 3 части. Частотозадающей цепью генератора обычно является LC колебательный контур. Усилитель увеличивает амплитуду выходного сигнала колебательного контура. Цепь обратной связи подает необходимое количество энергии в колебательный контур для поддержания колебаний. Таким образом, генератор – это схема с ОС (обратной связью), которая использует постоянный ток для получения переменного тока.



Рис.1. Функциональная схема генератора.

Для аналоговых генераторов гармонических колебаний важной проблемой является автоматическая стабилизация амплитуды выходного напряжения. Если в схеме не предусмотрены устройства автоматической стабилизации, устойчивая работа генератора окажется невозможной. В этом случае после возникновения колебаний амплитуда выходного напряжения начнет постоянно увеличиваться, и это приведет к тому, что активный элемент генератора (например, операционный усилитель) войдет в режим насыщения. В результате напряжение на выходе будет отличаться от гармонического. Схемы автоматической стабилизации амплитуды достаточно сложны.

Со структурной точки зрения генераторы представляют собой усилители электрических сигналов, охваченные ПОС.

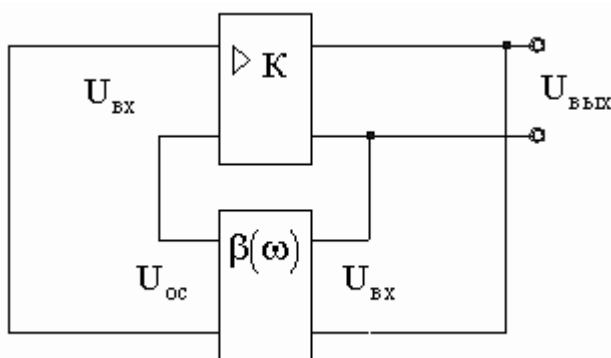


Рис. 2 - Структурная схема генератора гармонических колебаний

Внешний входной сигнал отсутствует. На входе усилителя действует только выходной сигнал ОС. А на входе ОС действует $U_{ex} = U_{вых}$. Поэтому коэффициент усиления такой схемы

$$\underline{K}_{ОС} = \frac{\underline{K}}{1 - \underline{K}\beta}$$

Условием, обеспечивающим наличие сигнала на выходе генератора при отсутствии внешнего входного сигнала является $K \rightarrow \infty$, то есть

$$1 - \underline{K}\beta = 0$$

При выполнении этого условия любой усилитель, охваченный ПОС становится генератором, на выходе его появляются колебания, независимые от входного сигнала (автоколебания). Явление возникновения автоколебаний в усилителе называется **самовозбуждением**.

Режимы работы автогенератора определяются величиной обратной связи:

1. **Недонапряженный** - это когда при увеличении обратной связи амплитуда напряжений возрастает без искажений.
2. **Критический** - увеличение обратной связи не приводит к увеличению амплитуды колебаний, при этом искажения формы тока незначительны.
3. **Перенапряженный** — возрастание амплитуды колебаний не происходит, а происходит искажение формы сигнала.

2 LC - ГЕНЕРАТОРЫ

Автогенераторы типа LC состоят из колебательного контура, в котором возбуждаются колебания нужной частоты.

Частота колебаний выходного напряжения равна:

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Применяется для получения высокочастотных гармонических колебаний и представляет собой резонансный усилитель с параллельным к к LC 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.3).

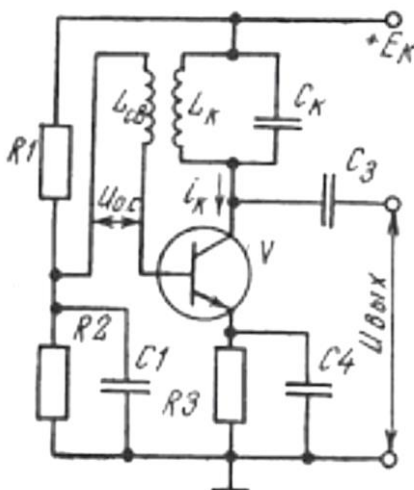


Рис. 3 - Схема LC-генератора

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.

Структурная схема LC-генератора гармонических колебаний показана на рис. 4. В колебательном контуре непрерывно возникают и постоянно затухают из-за наличия потерь собственные электрические колебания с малыми амплитудами, частота которых определяется параметрами контура. Их причиной являются флуктуационные токи, вызванные тепловым движением электронов в проводнике. Усилительный элемент и цепь обратной связи предназначены для превращения этих колебаний в

незатухающие. Пополнение энергии контура происходит током транзистора каждый период в фазе с собственными колебаниями контура.

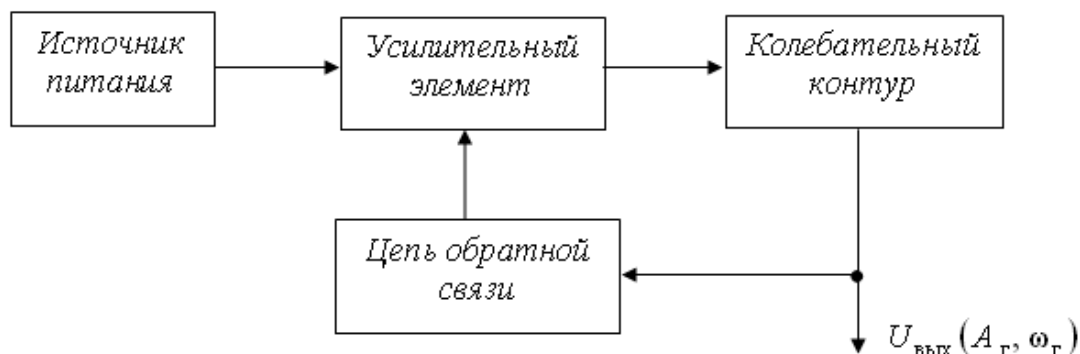


Рис. 4 - Структурная схема LC-генератора

Иначе такой автогенератор можно рассматривать как избирательный усилитель с положительной обратной связью (ПОС). Процесс возникновения и нарастания колебаний происходит до тех пор, пока в автогенераторе не установятся стационарные значения тока и напряжения, обусловленные нелинейными свойствами усилительного элемента. Аппаратура систем контроля и управления для применения на ядерноопасных объектах. Комплексная безопасность атомных станций и хранилищ ядерных отходов сегодня неразрывно связана с системами контроля и управления применяемыми на ядерно-опасных объектах. При этом основными критериями комплексной безопасности остаются повышенная надежность систем контроля, возможность оперативного поиска неисправности, ремонтпригодность, предсказуемая деградация системы при аварийной ситуации на энергоблоке.

Для анализа процессов в автогенераторе в петле ПОС можно выделить два звена, коэффициенты передачи которых зависят соответственно от амплитуды и частоты колебаний. Тогда петлевое усиление контура ПОС можно записать в виде $T(A, j\omega) = K(A) \cdot \gamma_{ос}(j\omega)$. Для возникновения автоколебаний обратная связь должна быть положительной и петлевое усиление должно быть больше единицы.

Пример 1: Определить частоту гармонических колебаний LC-генератора, если индуктивность и емкость LC звена соответственно 2 мГц, 10 нФ.

$$\text{Решение: } f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 11259662 \text{ Гц.}$$

3 RC - ГЕНЕРАТОРЫ

Используются для получения низкочастотных колебаний и представляют собой аperiodический 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. 5) представляет собой однокаскадный резисторный усилитель с общим эмиттером, имеющим три или больше RC-звеньев в цепи обратной связи.

Широко используются два варианта соединений резисторов и конденсаторов в RC-звеньях, образующих цепь обратной связи (рис. 5).

Принцип работы задающего генератора типа RC состоит в использовании двухкаскадного усилителя на резисторах с частотно-зависимой положительной обратной связью. Она осуществляется с помощью делителя, одно плечо которого образовано последовательным соединением конденсатора C_1 с сопротивлением R_1 , а второе - параллельным соединением конденсатора C_2 с сопротивлением R_2 (как правило, $C_1 = C_2$ и $R_1 = R_2$). Можно показать, что при такой схеме баланс фаз, соблюдение которого необходимо для самовозбуждения генератора, выполняется только для одной частоты

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$$

Коэффициент усиления при этом $K=3$.

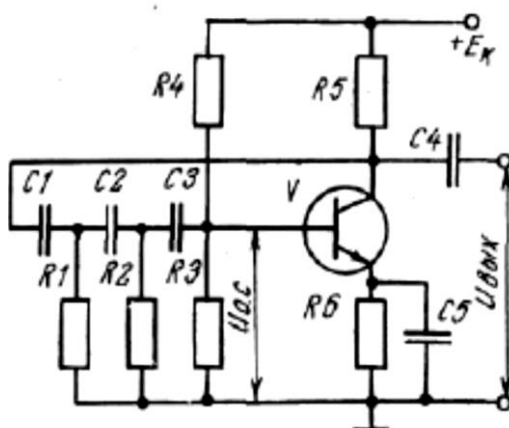


Рис. 5 - Схема RC-генератора

С помощью изменений одной величины, R или C , меняется диапазон генерируемых частот (ступенчатая регулировка), а меняя другую величину, получают плавное изменение частоты в поддиапазоне.

Задающий генератор не может подключаться непосредственно к нагрузке, так как ее сопротивление вызовет уменьшение усиления, нарушение условий самовозбуждения и «срыв» генерации. Поэтому после генератора включается усилитель мощности, первый каскад которого работает в буферном режиме. Выходной каскад усилителя мощности, как правило, двухтактный со строго симметричной схемой и глубокой отрицательной обратной связью, чем обеспечиваются достаточно малая величина коэффициента гармоник и стабильность работы генератора.

Пример 2: Определить сопротивление резистора RC-звена автогенератора гармонических колебаний с частотой 50 кГц, если емкость конденсатора в этом звене 2 нФ.

Решение: Частота гармонических колебаний равна: $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$ Гц.

Отсюда определяем сопротивление RC-звена автогенератора: $R = 1592,36$ Ом.

ВОПРОСЫ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА:

1. Что такое генератор?
2. Как классифицируют генераторы?
3. Какие режимы работы генератора вы знаете??
4. Что такое генератор гармонических?
5. Какое условие генераторного режима усилителя?
6. Что такое самовозбуждение генератора
7. Охарактеризуйте RC-генератор.
8. Охарактеризуйте LC-генератор.
9. Чем определяется тип генератора автоколебаний.
10. Из каких блоков структурно состоит генератор?

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ:

Литература:

1. Стахів П.Г., Коруд В.І. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки: Навчальний посібник. - Львів: Магнолія плюс, 2006, с.99-104.

Самостоятельная проработка:

1. Стабилизация частоты колебаний автогенераторов. Параметрическая и кварцевая стабилизация.

Практическое задание:

1. RC-генератор генерирует сигнал частотой $f_1 = 1$ МГц. Определить сопротивление резистора частотно-выборочного звена генератора для обеспечения колебаний частотой $f_2 = 500$ кГц. Сопротивление резисторов этого звена до изменения частоты был равен 2 кОм, емкость конденсатора не изменялась.

Решение: Частота гармонических колебаний равна: $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$ Гц.

Тогда отношение частот генератора при неизменной емкости частотно-выборочного звена равно:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{R_2}{R_1} = 2.$$

Отсюда определяем сопротивление резистора для обеспечения частоты колебаний 500 кГц.

$$R_2 = 2R_1 = 4 \text{ кОм.}$$