**Тема 2.2 Электронные генераторы**

**2.2.1 Классификация электронных генераторов. Генераторы синусоидальных колебаний**

**Домашнее задание:**

Ответьте на вопросы:

1. Дайте определение электронного генератора.
2. Приведите классификацию электронных генераторов по принципу управления их работой, форме электрических колебаний.
3. Опишите принцип действия автогенератора LC-типа и укажите какие элементы влияют на частоту генератора.
4. За счет чего достигается стабилизация частоты генератора LC-типа.
5. Какой тип электронного генератора применяется в низкочастотных цепях?

**Литература:**

1. Мизерная З.А. Электронная техника: учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта – М.:Маршрут, 2006. – 408с.

 2. Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том2

Электронная библиотека УМЦ ЖДТ:

<https://umczdt.ru/read/18647/?page=1>

**Срок предоставления домашнего задания до 08.12.2020г.**

**Информацию предоставить на электронную почту:**

**GN-59@yandex.ru**

**2.2.1 Классификация электронных генераторов. Генераторы синусоидальных колебаний**

Электронными генераторами называют устройства, преобразующие электроэнергию источника постоянного тока в энергию электрических колебаний заданной формы, частоты и мощности.

***1. Классификация электронных генераторов***

По форме электрических колебаний различают: генераторы синусоидальных (гармонических) колебаний, импульсные (релаксационные) генераторы, генераторы колебаний специальной формы.

 По принципу управления их работой (возбуждения) различают генераторы двух типов – генераторы с внешним возбуждением (ждущий) и генератор с самовозбуждением (автогенератор). В генераторах с внешним возбуждением процесс генерации сигналов начинается только при возбуждении на схему управляющего сигнала. В генераторах с самовозбуждением процесс генерации сигналов начинается одновременно с включением источника питания в схему.

В зависимости от частоты диапазона генераторы подразделяются:

- низкой частоты (от доле герца до 100 кГц);

- высокой частоты (100 кГц…100МГц);

- сверхвысокой частоты (более 100 МГц).

Необходимыми элементами генераторов электрических колебаний являются: источник электроэнергии (источник электрического напряжения – питания); цепи в которых возбуждаются и поддерживаются колебания (пассивные цепи); активные цепи, преобразующие энергию источника питания в энергию генерируемых колебаний для восполнения потерь в пассивных цепях.

В качестве пассивных цепей применяют цепи RC-типа или колебательные LC-контуры. Генераторы с цепями RC-типа называют RC- генераторами, а с LC -контурами - LC-генераторами. Активными цепями являются электронные усилители или электронные ключи. Связь между пассивными и активными цепями осуществляется по цепям обратной связи (ОС) – от пассивной цепи к активной.

Анализ обратных связей в усилителях показывает, что ОС с коэффициентом $β$ *=1/К ведет к самовозбуждению усилителя и превращению его в генератор.* На этом принципе и построены все автогенераторы как синусоидальных, так и релаксационных колебаний.

Простейшим генератором гармонических колебаний может быть контур типа LC.

***2. Автогенератор LC – типа***

Рассмотрим полупроводниковый автогенератор с параллель­ным контуром *LКСК* в коллекторной цепи транзистора и трансфор­маторной положительной обратной связью по базе (рис. 6.39, а). При включении источника питания конденсатор заряжается по цепи: «+ЕК» *— Ск — Т—* R3 *— «-Ек».* Зарядившись до значения ЕК, конденсатор *Ск* начинает разряжаться на индуктивную катушку *L*К. При этом электрическая энергия конденсатора преобразуется в магнитную энергию катушки. Затем индуктивная катушка раз­ряжается на конденсатор, т.е. магнитная энергия преобразуется вновь в электрическую и т.д. В контуре возникают затухающие колебания с частотой  Быстрота затухания коле­баний определяется величиной активного сопротивления катуш­ки RK, на котором выделяется теплота, представляющая собой не­восполнимые потери энергии на нагрев. Если бы их не было, ко­лебания не затухли бы.

Для устранения затуханий часть напряжения колебательного контура *L*КСК с помощью вторичной обмотки трансформатора *L*6 в фазе подается на базу транзистора. В этом случае колебания на резонансной частоте *f*р могут стать незатухающими. На выходе каскада также будут незатухающие колебания.

 

Рис. 6.39 Генератос синусоидальных колебаний LC-типа

Для возбуждения колебаний должны быть выполнены два условия:



 Если эти условия будут выполнены для одной частоты, то на выходе генератора установятся синусоидальные колебания. Если балансы амплитуд и фаз имеют место для нескольких частот, то на выходе возникают несинусоидальные колебания. Изменение частоты генератора достигается за счет изменения параметров элементов контура: *LК* или *Ск.*

 Генераторы с параллельным *LC*-контуром нашли применение в высокочастотных цепях.

***3. Cтабилизация частоты генераторов типа LC***

Необходимо отметить, что определенные отклонения частоты любой схемы генерации могут происходить за счет изменения работы и параметров элементов схемы, в частности под влиянием температуры, нестабильности напряжения питания и других усилительных каскадов.

Нестабильность частоты генерации обратно пропорциональна добротности контура (1/*Q).* Поэтому использование высококачественного стабилизатора напряжения для питания генератора является одним из факторов, обеспечивающих высокую стабильность частоты генерации.

При увеличении температуры окружающей среды увеличиваются индуктивность катушки и емкость конденсатора, что также приводит к снижению частоты генерации. Поэтому для повышения стабильности частоты генератора вводят температурную стабилизацию выбранного режима покоя усилительных каскадов, а также применяют средства, компенсирующие температурные изменения частоты. Одним из методов компенсации можно считать введение в колебательный контур конденсаторов с зависимой от температуры емкостью (например, тикондовые с отрицательным TKE).

Более высокую стабилизацию частоты можно получить при кварцевой стабилизации — в схемах кварцевых генераторов, где в качестве высокодобротного колебательного контура со стабильными параметрами используется пластина кварца (кварцевый резонатор), обладающая пьезоэлектрическими свойствами.

Для изготовления кварцевых резонаторов используют природ- ный или искусственный монокристаллический кварц — пьезоэлектрик, т.е. кристаллический диэлектрик, способный поляризоваться под действием механического напряжения и деформироваться под действием приложенного внешнего электрического поля.

Кварцевый резонатор представляет собой тонкую кварцевую пластину прямоугольной или круглой формы, которая установлена в кристаллодержателе с выводами для подключения напряжения.

При подключении переменного напряжения к кварцедержателю между его пластинами возникает электрическое поле, действующее на кварцевую пластину. В пластине возникают периодические механические деформации (колебания), изменяющие форму и размер пластины, т.е. пластина сжимается и разжимается. Такое свойство пластины пьезоэлектрика называется обратным пьезоэффектом.

Возникшие в пластине механические колебания в свою очередь вызывают появление разноименных электрических зарядов на ее гранях пропорционально приложенному напряжению. Знак зарядов на гранях изменяется с частотой механических колебаний. В результате через пластину протекает переменный электрический ток. Это свойство пластины называется прямым пьезоэффектом.

Такие колебания возможны как на основной резонансной частоте кварца, определяемой его геометрическими размерами и видом срезов относительно кристалла, так и на различных гармониках, кратных этой частоте.

 Обеспечить высокую стабильность частоты генерации можно при включении кварцевого резонатора в колебательный контур или в цепь обратной связи. Для лучшей стабилизации желательно использовать частоту последовательного резонанса кварца. При этом важно, чтобы общее сопротивление цепи обратной связи было значительно меньше собственного активного сопротивления кварцевого резонатора.

В схеме (рис.6.40) колебательный контур LC-контур в цепи коллектора включен последовательно с усилительным элементом по схеме индуктивной трехточки с автотрансформатором ПОС.

 Кварцевый резонатор включен в цепь с индуктивной обратной связью по автотрансформаторной схеме между базой и контуром *LC*. Эту связь можно подключить непосредственно между базой и коллектором (в схеме на рис.6.40 показано штрихами).

R1

U

C1

C2

R3

СЗ

Рис. 6.40 схема RC-генератора с кварцевым резонатором

Для возбуждения колебаний на частоте $ω$посл<$ω$<$ ω$пар необходимо, чтобы контур LC имел емкостное реактивное сопротивление. Для обеспечения емкостного характера сопротивления LC-контура его резонасная частота ($ω$0) должна лежать несколько выше частоты параллельного контура кварцевого резонатора ($ω$пар$ $).

Кварцевый резонатор должен быть настроен на частоту генерации $(ω$г) в пределах$ ω$посл<$ω$г <$ ω$пар , т.е. его сопротивление должно быть эквивалентно индуктивности. При этих условиях схема (кварцевый резонатор и LC-контур) эквивалентна схеме емкостной трехточки и относится к осцилляторным схемам.

При резонансе LC-контура его полное сопротивление велико, что позволяет получить в каскаде большой коэффициент усиления *KU* , а сопротивление кварцевого резонатора мало (последовательный резонас), что обеспечивает низкое общее сопротивление цепи ПОС и контура и глубокую (почти 100%) ПОС.

***4. Автогенератор RC-типа***

 При низких частотах в *LC*-генераторах должны использовать­ся элементы контура со значительными индуктивностью и емко­стью. Это усложняет конструкцию генератора.

 Поэтому в низкочастотных цепях нашли применение RC-гене­раторы. В них используется частотно-зависимая положительная ОС, т. е. такая связь, у которой коэффициент ОС $β$ и фаза сигна­ла ф зависят от частоты  *f.*



*Рис.6.41 Генератор синусоидальных колебаний – RC-генератор с мотом Вина*

 Эта обратная связь может быть получена, если выходной сиг­нал с усилителя будет поступать на вход через фильтр, смещаю­щий фазу на 180° и ослабляющий сигнал в $β$ раз (рис. 6.41). Таковым может быть, например, фильтр, состоящий из спаренных резисторов R1 и R2 (R1 = R2) и конденсаторов С1 и С2 (С1= С2). Он получил название мост Вина. На некоторой частоте (резонансной) коэффициент $β$ имеет максимальное значение 

 На других частотах, отличных от /0, коэффициент Р резко па­дает, а фаза ср увеличивается. Таким образом, мост Вина позволя­ет получить автоколебания на одной частоте, а следовательно, ко­лебания синусоидальной формы. Для изменения частоты гармо­нических колебаний необходимо изменить резонансную частоту f0. Это можно сделать, например, за счет одновременного измене­ния сопротивлений резисторов R1 и R2.