

## Лабораторная работа

### ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

**Цель работы:** изучить работу электронных генераторов, рассмотрение параметров синусоидального сигнала, параметров импульсного сигнала, определение частоты и скважности импульсов.

#### Общие сведения

*Электронный генератор* – это устройство, преобразующее электрическую энергию источника постоянного тока в энергию незатухающих электрических колебаний заданной формы и частоты.

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

Частота сигнала может изменяться от нескольких герц до многих миллионов герц. Выходное напряжение генератора может быть *синусоидальным*, *прямоугольным* или *пилообразным* в зависимости от типа генератора (рис. 1).

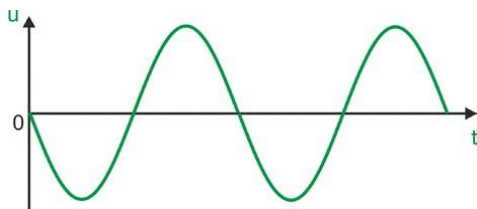


Рис. 1, а. Напряжение синусоидальной формы

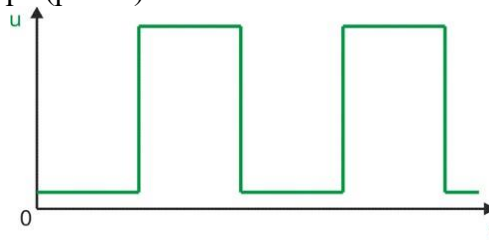


Рис. 1, б. Напряжение прямоугольной формы

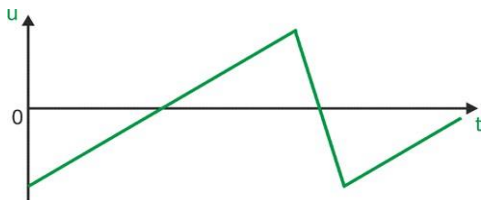


Рис. 1, в. Напряжение пилообразной формы

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.

*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.

На рис. 2 изображена блок-схема генератора

Генератор можно разбить на три части:

- колебательная цепь – колебательный контур  $LC$ , который обычно является частото задающей цепью генератора;
- усилитель, увеличивает амплитуду выходного сигнала колебательного контура;

- цепь обратной связи, подает необходимое количество энергии в колебательный контур для поддержки колебаний.

Таким образом, генератор - это схема с положительной обратной связью, которая использует постоянный ток для получения колебаний переменного тока.

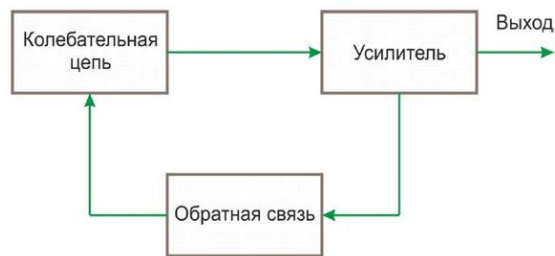


Рис. 2. Блок-схема электронного генератора

### Генераторы синусоидальных колебаний

*Генераторы синусоидальных колебаний*-это генераторы, которые генерируют напряжение синусоидальной формы. Они классифицируются согласно их частоте задающим компонентам. Тремя основными типами генераторов синусоидальных колебаний являются *LC* -генераторы, кварцевые генераторы и *RC*-генераторы.

*LC -генераторы* используют колебательный контур из конденсатора и катушки индуктивности, соединенных либо параллельно, либо последовательно, параметры которых определяют частоту колебаний.

*Кварцевые генераторы* подобны *LC* -генераторам, но обеспечивают более высокую стабильность колебаний.

*LC* -генераторы и кварцевые генераторы используются в диапазоне радиочастот. Они не подходят для применения на низких частотах. На низких частотах используются *RC -генераторы*, в которых для задания частоты колебаний используется резистивно-емкостная цепь.

Автогенераторы типа *LC* применяют в основном на частотах выше 20 кГц, так как для более низких частот конструкция таких колебательных контуров громоздка.

Основными типами *LC* -генераторов являются генератор Хартли и генератор Колпитца. На рис. 3, а изображен генератор Хартли.

Величина обратной связи в этой схеме зависит от положения отвода катушки  $L_1$ . Выходной сигнал снимается с катушки связи  $L_2$ . На рис. 3, б изображен генератор Колпитца. Величина обратной связи в схеме Колпитца определяется отношением емкостей конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ . Генератор Колпитца более стабилен, чем генератор Хартли, и более часто используется.

*RC* -генераторы применяют для задания синусоидальных колебаний на низких частотах. Простейшим *RC* -генератором синусоидальных колебаний является генератор с фазосдвигающей цепью.

Генератор с фазосдвигающей цепью — это обычный усилитель с фазосдвигающей *RC* -цепью обратной связи (рис. 4).

Переходные процессы в *RC* -цепях. Вместо колебательного контура в схеме включен резистор  $R_K$ , а положительная обратная связь осуществляется через фазовращательную цепь, состоящую из трех звеньев *RC*. Если выход данной схемы соединить непосредственно с входом, обеспечив при этом условия самовозбуждения, то генерируемые колебания не будут синусоидальными. Для того чтобы схема вырабатывала именно синусоидальные колебания, положительная обратная связь должна обеспечиваться только для одной определенной

гармоники несинусоидальных колебаний. Эту функцию и выполняет фазовращательная цепь  $RC$ .

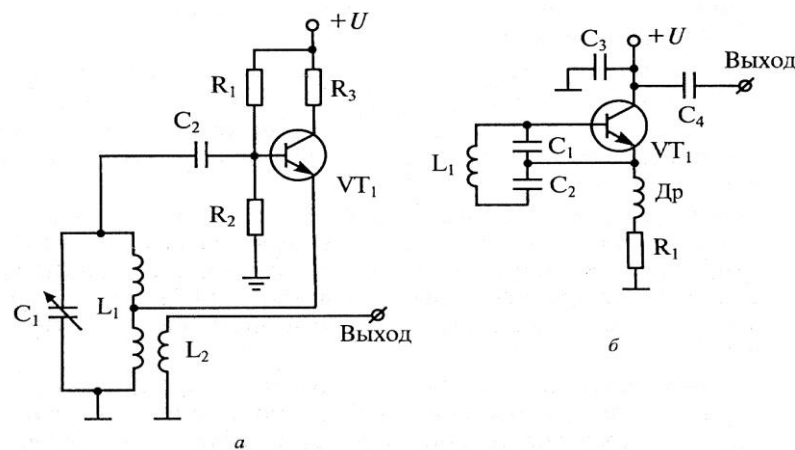


Рис. 3. Схемы основных типов  $LC$ -генераторов:  
а - генератор Хартли; б - генератор Колпитца

Параметры цепи должны быть выбраны так, чтобы при увеличении коллекторного тока и, следовательно, уменьшении потенциала коллектора потенциал базы (рис. 4) увеличивался. Иными словами, напряжения на коллекторе и на базе должны находиться в противофазе.

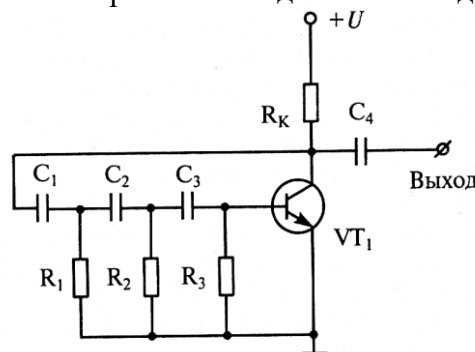


Рис. 4. Схема  $RC$ -генератора

Для выполнения условия баланса амплитуд коэффициент усиления усилителя должен быть больше ослабления, вносимого фазовращательной цепью  $RC$ . Для схемы, приведенной на рис. 4, это ослабление равно 29.

Основное требование, предъявляемое к генератору, — это стабильность частоты и амплитуды его колебаний. Причинами нестабильной работы генераторов являются зависимости емкости и индуктивности от температуры, старение компонентов и изменение требований к нагрузке. Когда требуется высокая стабильность, используются *кварцевые генераторы*.

Кварц — это материал, который может преобразовывать механическую энергию в электрическую, когда к нему прикладывают давление, и электрическую энергию в механическую, когда к нему прикладывают напряжение. Когда к кристаллу кварца приложено переменное напряжение, кристалл начинает растягиваться и сжиматься, создавая механические колебания, частота которых соответствует частоте переменного напряжения.

Каждый кристалл кварца обладает собственной частотой колебаний, обусловленной его структурой и размерами. Если частота приложенного переменного напряжения совпадает с собственной частотой, колебания кристалла ярко выражены. Если частота приложенного переменного напряжения отличается от собственной частоты кварца, кристалл колеблется слабо. Собственная частота механических колебаний кристалла кварца практически не зависит от температуры, что делает его идеальным для использования в генераторах. В тех случаях,

когда необходимо обеспечить очень высокую стабильность частоты колебаний, применяют термостатирование генератора (кварцевый резонатор помещают в термостат).

Для изготовления кварцевого резонатора на кристаллическую пластинку кварца наносятся металлические электроды, к которым прижимаются пружины для обеспечения электрического контакта. После этого кристалл помещается в металлический корпус.

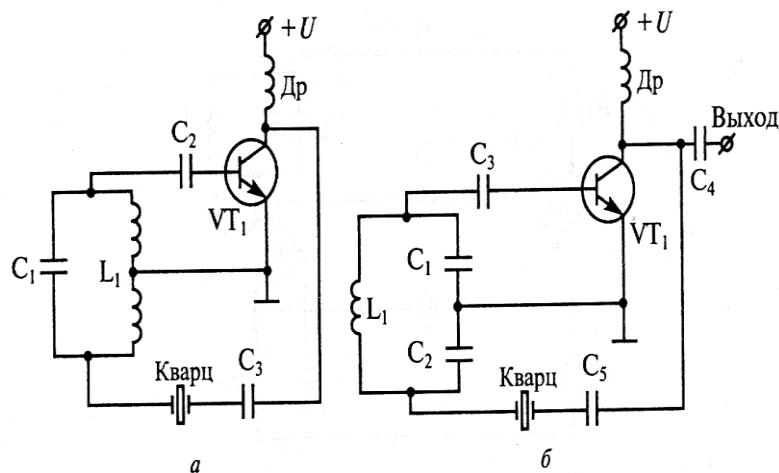


Рис. 5. Схемы кварцевых генераторов:  
а) Хартли; б) Колпитца

На рис. 5, а изображена схема кварцевого генератора Хартли с параллельной обратной связью. Кварц включен последовательно в цепь обратной связи.

Если частота колебательного контура отклоняется от частоты кварца, импеданс кварца увеличивается, уменьшая величину обратной связи с колебательным контуром.

Это позволяет колебательному контуру вернуться на частоту кварца.

На рис. 5, б изображен генератор Колпитца с кварцем, включенным так же, как и в генераторе Хартли.

Кварц управляет обратной связью с колебательным контуром.

### Импульсные генераторы

Генераторы несинусоидальных колебаний применяют для создания периодических электрических сигналов произвольной формы (несинусоидальных импульсов). Примерами несинусоидальных колебаний могут служить колебания *прямоугольной*, *пилообразной* или *треугольной* формы (или комбинации этих форм). В основном в качестве генераторов несинусоидальных колебаний используют релаксационные генераторы. Релаксационный генератор запасает энергию в реактивной компоненте за одну фазу цикла колебаний и постепенно отдает ее в течение релаксационной фазы цикла. Релаксационными генераторами являются *блокинг-генераторы* и *мультивибраторы*. На рис. 6 изображена схема блокинг-генератора, названного так потому, что транзистор легко переводится в режим блокирования (запирания).

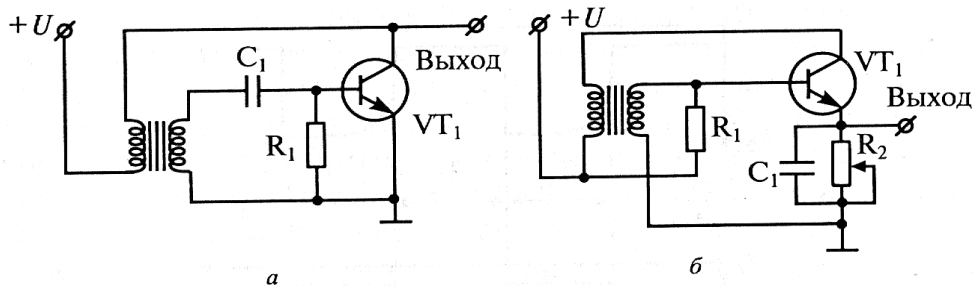


Рис. 6. Схемы блокинг-генераторов

Если выходное напряжение взять с  $RC$ -цепочки в эмиттерной цепи транзистора (рис. 6, б), то оно будет иметь пилообразную форму.

Мультивибратор представляет собой генератор несинусоидальных колебаний, близких по форме к прямоугольным. Такие колебания можно рассматривать как сумму большого числа простых гармонических колебаний (рис. 7). Отсюда и название «мультивибратор», или буквально «генератор множества простых колебаний».

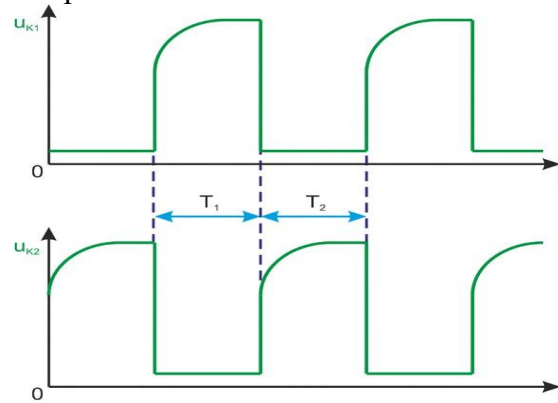


Рис. 7. Графики напряжений на коллекторах симметричного мультивибратора

Мультивибраторы (рис. 8) широко используют в импульсной технике, в ЭВМ и устройствах автоматики в качестве пусковых или переключающих устройств.

Различают три режима работы мультивибраторов: автоколебательный, синхронизации и ждущий.

Рассмотрим симметричный мультивибратор, работающий в режиме автоколебаний (рис. 8).

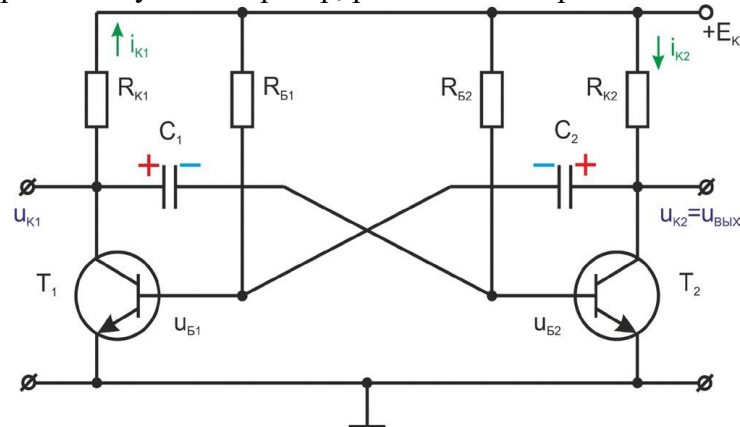


Рис. 8. Схема симметричного транзисторного мультивибратора

### Контрольные вопросы

1. Что такое генератор?
2. Нарисуйте блок-схему генератора.
3. В каких случаях используют кварцевые генераторы?
4. Что такое мультивибратор?
5. Как работает электронный осциллограф?