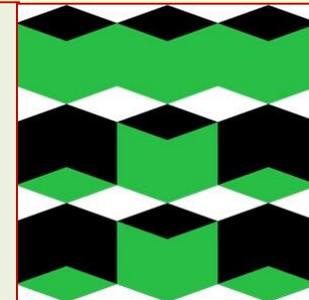




Военный учебный центр при Томском политехническом университете



**Цикл
№2**

**«Боевое применение подразделений,
вооружённых зенитными артиллерийскими
самоходными установками с радиоприборными
комплексами»**



КУРС ЛЕКЦИЙ

**Автор: преподаватель 2 цикла
*подполковник запаса Гаврилов А. А.***



Дисциплина:
«Устройство и эксплуатация ЗСУ»
Раздел 1:
«Основы построения ЗАК»



Тема №2
Основы радиолокации

Контрольные вопросы



Занятие №5
Генераторы импульсов

Цели занятия:

Изучить:

- устройство и работу мультивибратора, блокинг-генератора, ограничителя импульсов и тиратрона.

ВИД ЗАНЯТИЯ: – ГРУППОВОЕ.

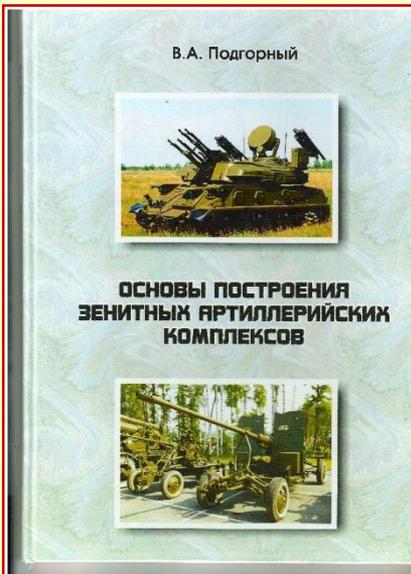
Актуальность занятия:

Обусловлено:

- необходимостью иметь глубокие и твердые знания по устройству импульсных генераторов релаксационных колебаний.

Вопросы занятия:

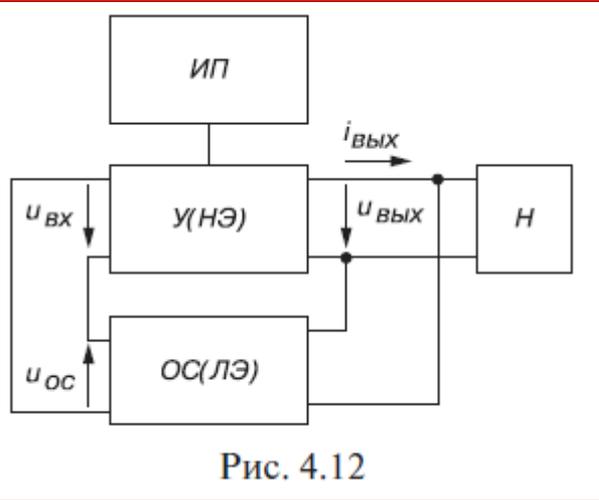
1. Назначение, состав и работа мультивибратора.
2. Назначение, состав и работа блокинг-генератора.
3. Ограничители импульсов.
4. Тиратрон.



Литература:

1. Учебное пособие
«Основы построения ЗАК»-2013 г.,
стр.80-83

Генератор



Электронный генератор - устройство, вырабатывающее электрические колебания определенной частоты и формы, используя энергию источника постоянного напряжения (тока).

Различают **генераторы**:

- с самовозбуждением (автогенераторы);
- с внешним возбуждением. Любой **автогенератор** содержит: - колебательную систему и усилительный элемент, связанные положительной обратной связью

Основные характеристики генератора:

- **форма, частота и мощность** колебаний.

Виды генераторов.

По форме: - *гармонических* (синусоидальных) колебаний;

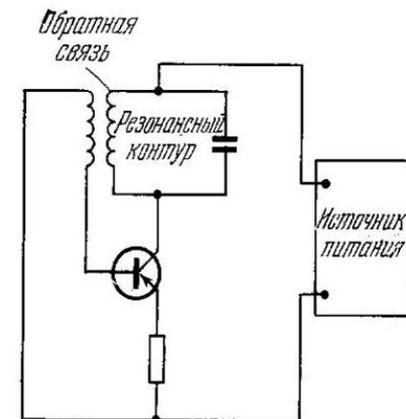
- *релаксационных* колебаний.

По частоте :

- инфранизкой (от долей герц до 10 Гц),
- низкой (от 10 Гц до 100 кГц),
- высокой (от 100 кГц до 10 МГц),
- сверхвысокой (свыше 10 МГц) частот.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР

- Резонансная система
- Устройство обратной связи
- Источник энергии для возбуждения системы



Режимы работы импульсных генераторов

1. Автоколебательный режим.

В данном режиме работы генератор непрерывно генерирует импульсы.

2. Ждущий (или заторможенный) режим работы.

В данном случае генератор находится в состоянии покоя и не вырабатывает импульсы, но если:

- на его вход подать запускающий импульс, то генератор выработает свой импульс, параметры которого определяются параметрами схемы генератора.

3. Режим синхронизации.

Данный режим работы, так же как и автогенераторный характеризуется непрерывным генерированием импульсных сигналов, но на вход генератора поступают внешние (синхронизирующие) импульсы.

В результате частота следования импульсов генератора равна частоте синхронизирующих импульсов.

4. Режим деления частоты.

Данный режим работы подобен режиму синхронизации, но частота импульсов на выходе генератора меньше частоты синхронизирующих импульсов в целое число раз.

Генератор

Принцип действия и схема генератора

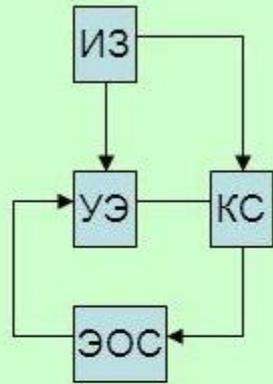


Рис.1.

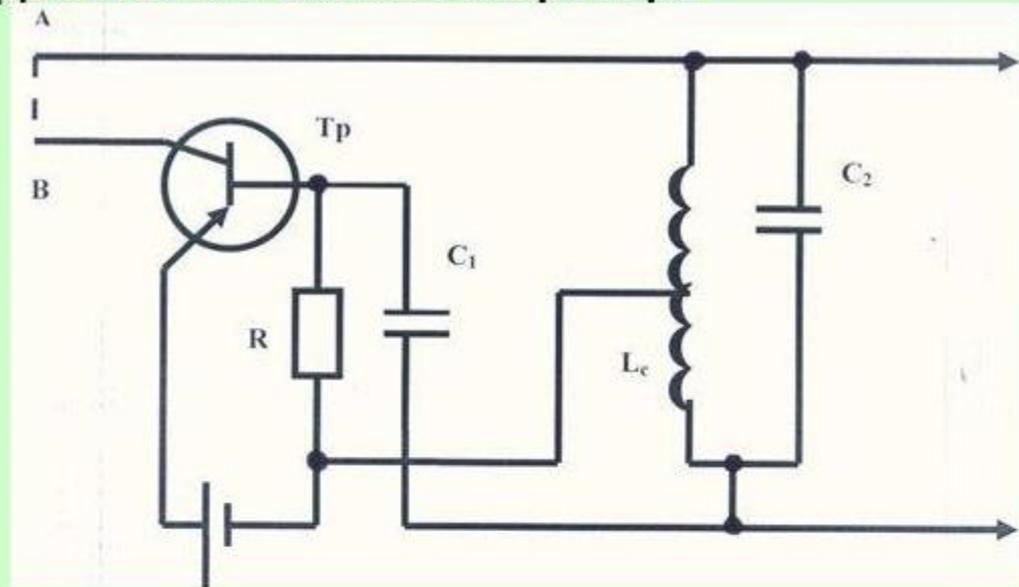


Рис.2

Генератор (рис.1) состоит из колебательной системы КС (колебательного контура), в которой возбуждаются незатухающие колебания; источника электрической энергии ИЭ (источника питания), благодаря которому в контуре поддерживаются незатухающие колебания; усилительного элемента УЭ (транзистора), с помощью которого регулируется подача энергии от источника в контур; элемента обратной связи ЭОС, который осуществляет подачу возбуждающего переменного напряжения из выходной цепи во входную. При включении источника питания в коллекторной цепи транзистора возникает ток коллектора, который заряжает конденсатор колебательного контура. После заряда конденсатор разряжается на катушку. В результате в контуре возникают свободные колебания, индуктирующие в катушке связи переменное напряжение той же частоты, с которой происходят колебания в контуре. Это напряжение вызывает пульсацию тока коллектора. Переменная составляющая тока восполняет энергию в контуре, создавая на нем усиленное транзистором переменное напряжение.

Мультивибратор

Мультивибратор — релаксационный генератор электрических, практически прямоугольных, колебаний с короткими фронтами.

Релаксационный генератор — генератор колебаний, пассивные и активные нелинейные элементы которого не обладают резонансными свойствами. На практике работает в ключевом (релейном) режиме — включён/выключен.

Мультивибратор является одним из самых распространённых генераторов импульсов прямоугольной формы, используемый в электронике и радиотехнике. Представляет собой: - 2-х каскадный резистивный усилитель с положительной обратной связью.

Виды М-В: *симметричный* - если параметры лампы, C и R в обоих каскадах одинаковы; *несимметричный* - если есть различие хотя бы в одном из элементов.

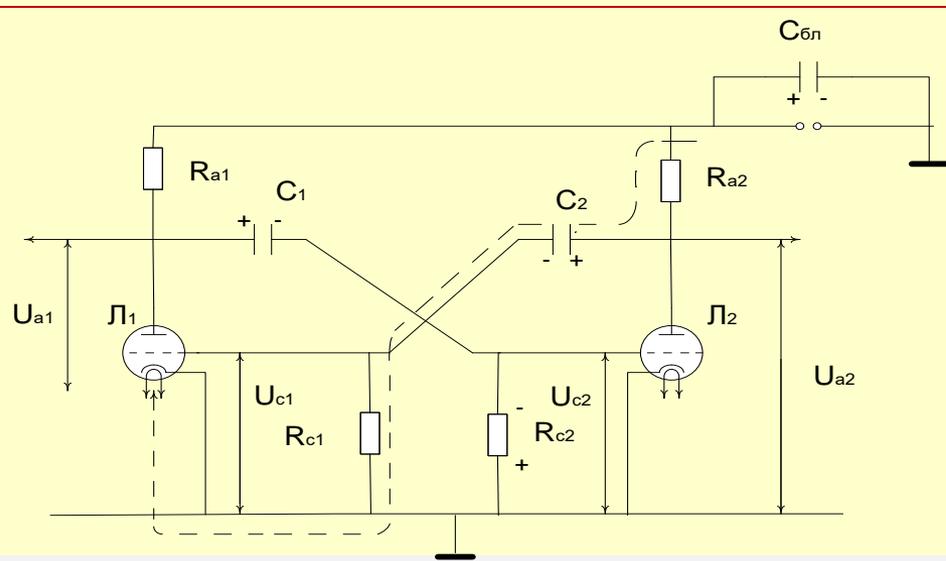
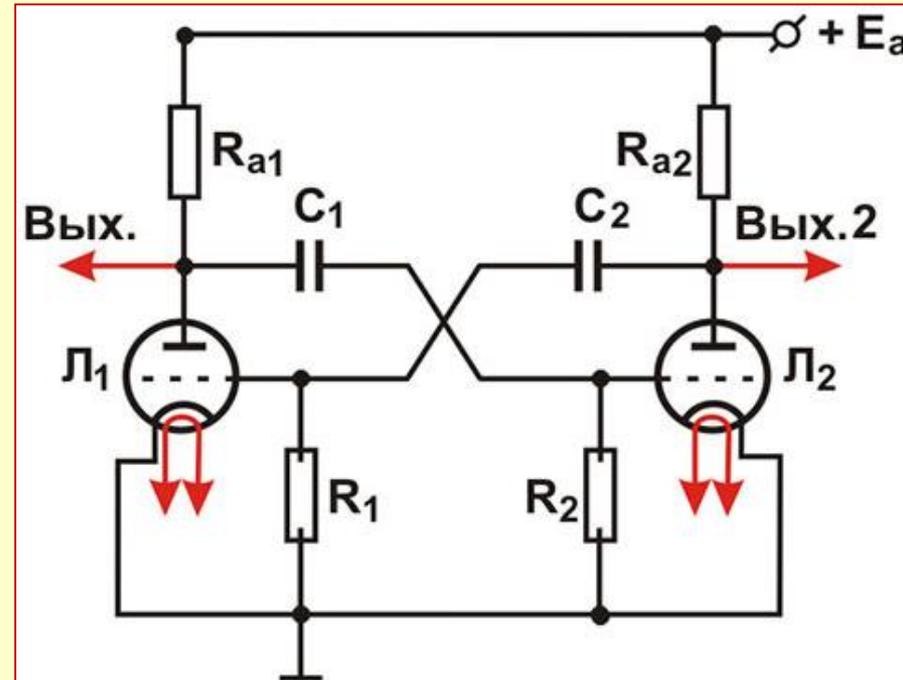


Схема симметричного мультивибратора с анодно-емкостной связью.



Типы мультивибраторов

Существуют три типа мультивибраторов в зависимости от режима работы:

- **нестабильный, автоколебательный** или **астабильный**: устройство непрерывно генерирует колебания и самопроизвольно переходит из одного состояния в другое. При этом не обязателен **внешний сигнал** синхронизации;

- **моностабильный**: одно из состояний является стабильным, но другое состояние неустойчиво (переходное). Мультивибратор на некоторое время, определяемое параметрами его компонентов, переходит в неустойчивое состояние под действием **запускающего импульса**. Затем возвращается в устойчивое состояние до прихода очередного запускающего импульса. Такие мультивибраторы используются для формирования импульса с фиксированной длительностью, не зависящей от длительности запускающего импульса. Такой тип мультивибраторов иногда, в литературе, называют **одновибраторы** или **ждущие мультивибраторы**.

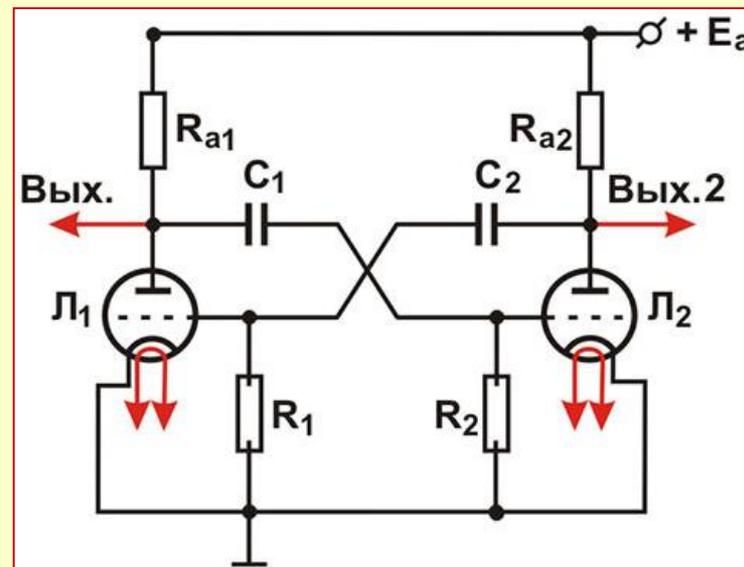
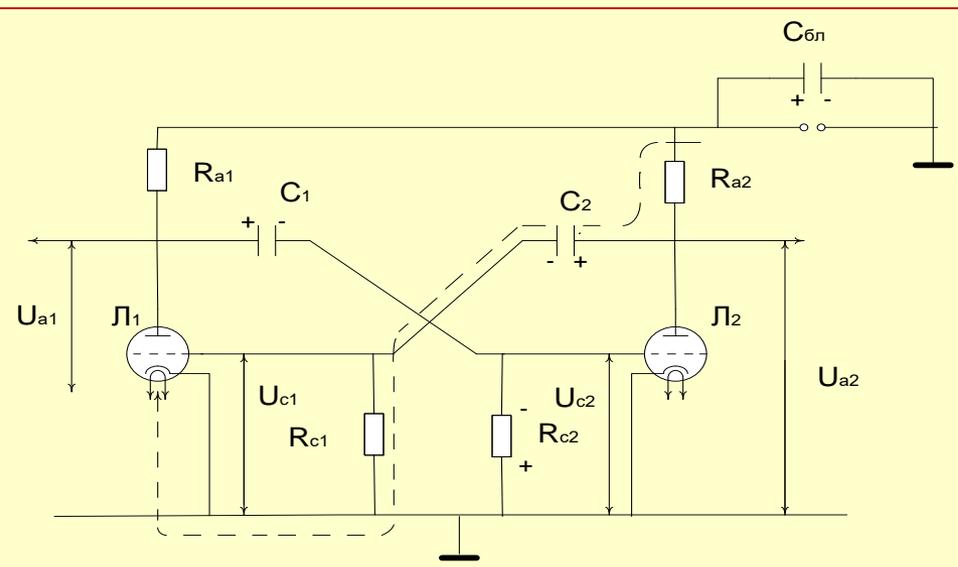
- **бистабильный**: мультивибратор устойчив в любом из двух состояний и может быть переключён из одного состояния в другое подачей внешних импульсов. Такие устройства называют бистабильными **триггерами**, и такие триггеры иногда, не совсем корректно, называют «мультивибраторы», так как двусмысленно.

Режимы работы:

- автоколебательный;
- ждущий.



Принцип работы мультивибратора



1. При включении источника питания E_a можно предположить, что схема окажется в **состоянии равновесия**:

т. е. - **анодные токи и напряжения** обеих ламп будут равны,

- конденсаторы C_1 и C_2 зарядятся до величины **напряжения на анодах (U_a)** и дальнейших изменений токов и напряжений в схеме не будет.

В действительности **величина анодного тока** любой лампы, даже при постоянстве напряжения на всех электродах, подвержена некоторым **колебаниям (флуктуации)** и, следовательно, в момент включения через лампы могут пойти разные токи.

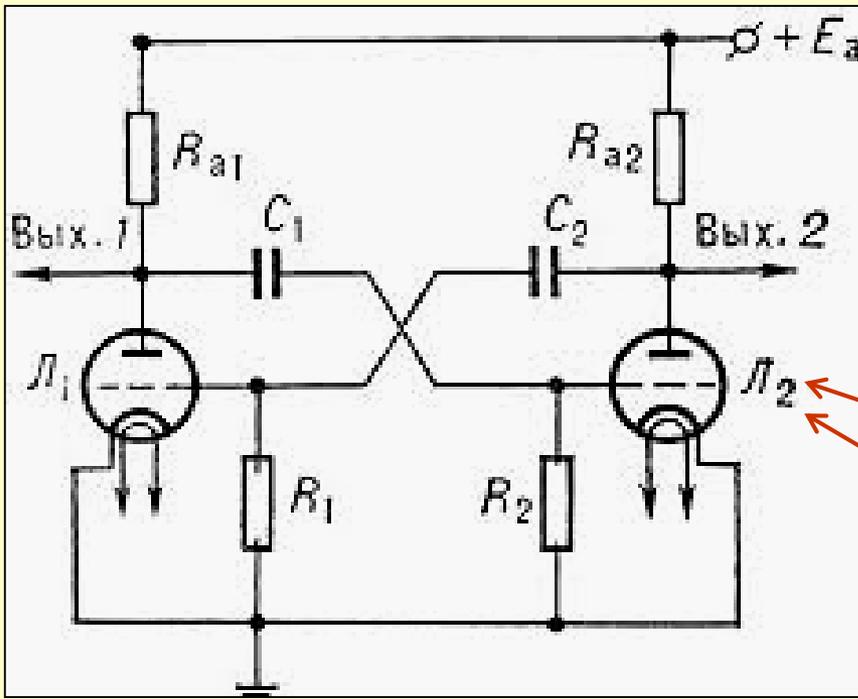
Принцип работы мультивибратора

2. При разбалансировке пусть во время t_1 возрос анодный ток I_{a2} лампы \mathcal{L}_2 .

Увеличение тока I_{a2} приводит к увеличению напряжения на анодной нагрузке R_{a2} а на аноде лампы \mathcal{L}_2 напряжение несколько понизится и конденсатор C_2 начнет разряжаться через лампу \mathcal{L}_2 и сопротивление утечки R_1 .

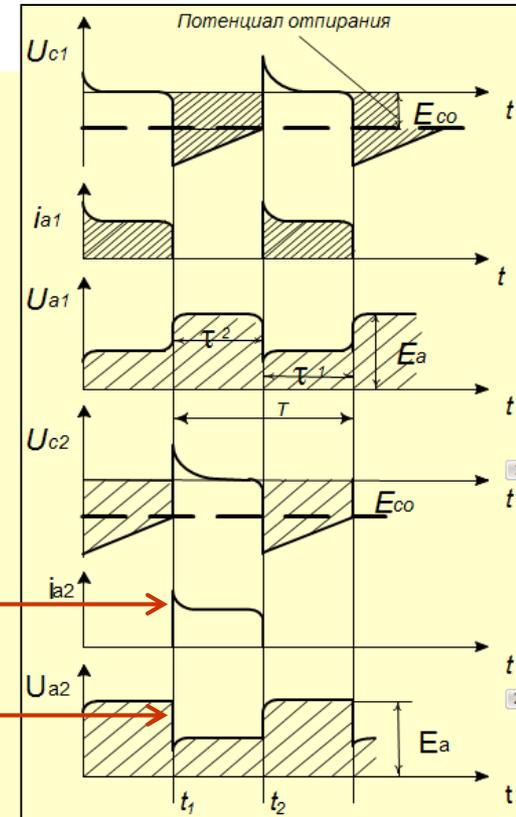
Создаваемое этим током падение напряжения на резисторе R_1 уменьшит анодный ток I_{a1} , что вызовет падение напряжения на резисторе R_{a1} , а следовательно, и повышение потенциала анода лампы \mathcal{L}_1 .

Это вызовет протекание тока и дополнительный заряд конденсатора C_1 по цепи: $+E_a, R_{a1}, C_1, R_{gk}$ и $R_2, -E_a$.



I_{a2}

U_{a2}

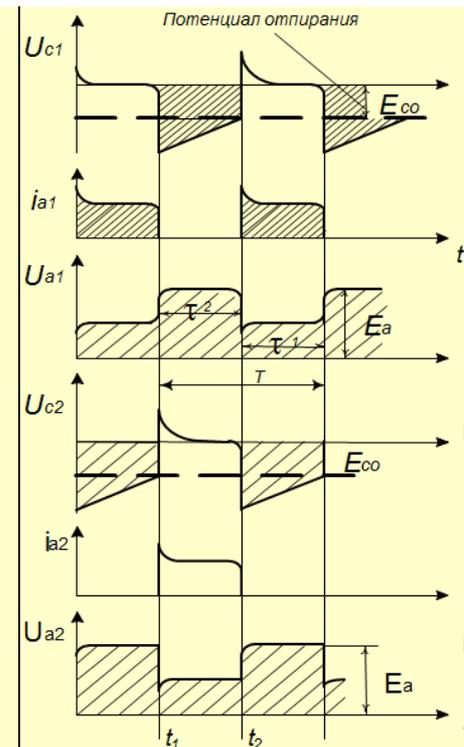
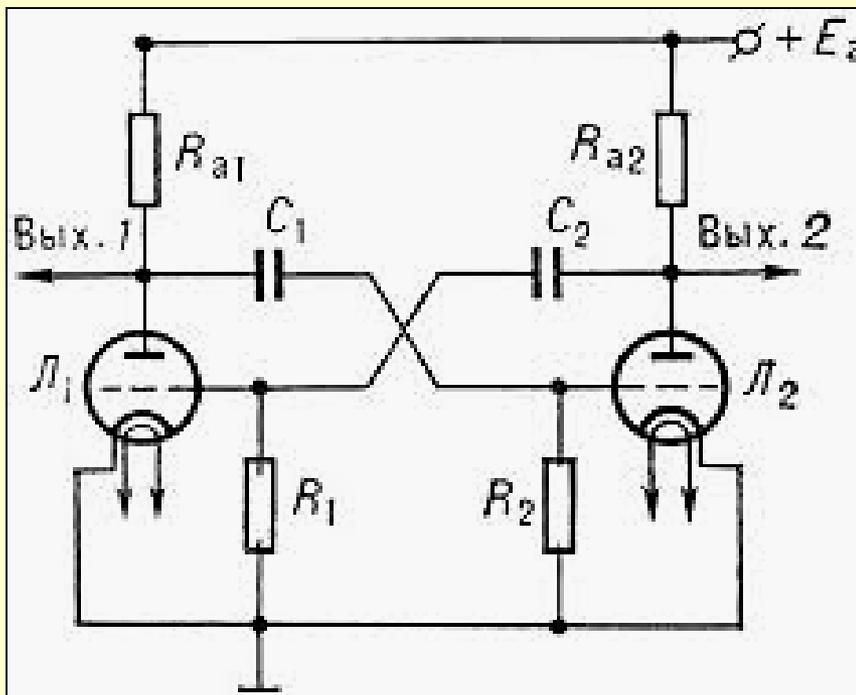


Принцип работы мультивибратора

Ток заряда конденсатора C_1 создаст на участке сетка — катод лампы L_2 падение напряжения, приложенное плюсом к сетке лампы L_2 , в результате чего ток I_{a2} станет еще больше.

Дальнейшее увеличение этого тока вызовет еще большее понижение потенциала на аноде лампы L_2 и, следовательно, дальнейший заряд C_1 . Это приведет к еще большему повышению напряжения на аноде лампы L_1 и уменьшению тока I_{a1} .

Таким образом, случайное начальное незначительное увеличение анодного тока I_{a2} приводит к дальнейшему его увеличению и к уменьшению тока I_{a1} .



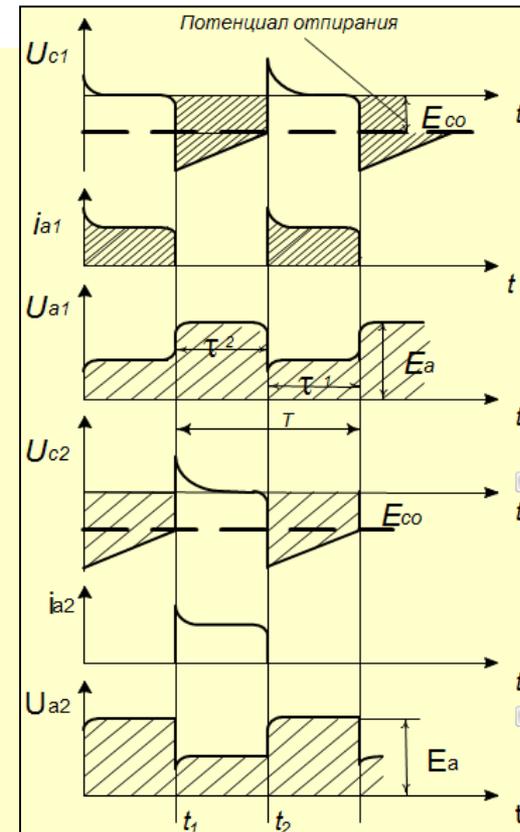
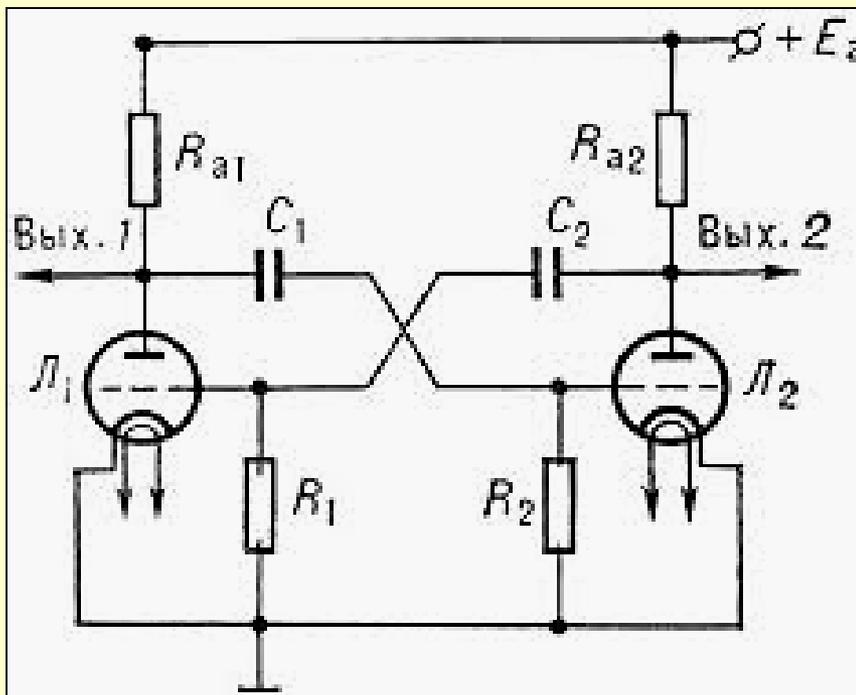
Принцип работы мультивибратора

Процесс изменения токов и напряжений будет продолжаться до тех пор, пока величина I_{a2} не достигнет своего максимального значения или величина I_{a1} не упадет до нуля.

Следовательно, важнейшей *особенностью* мультивибратора является то, что обе его лампы не могут одновременно проводить ток:

- когда ток проводит одна лампа, другая заперта, и наоборот.

Переход из одного состояния в другое происходит лавинообразно в течение долей микросекунды. ✘



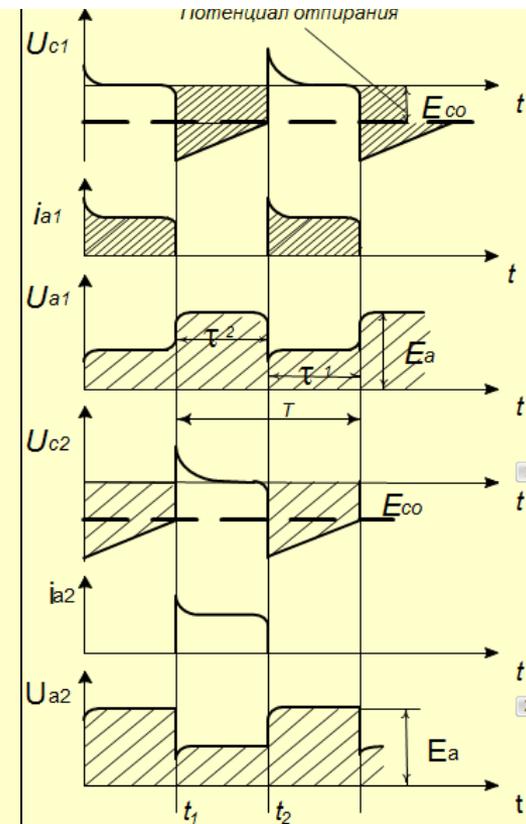
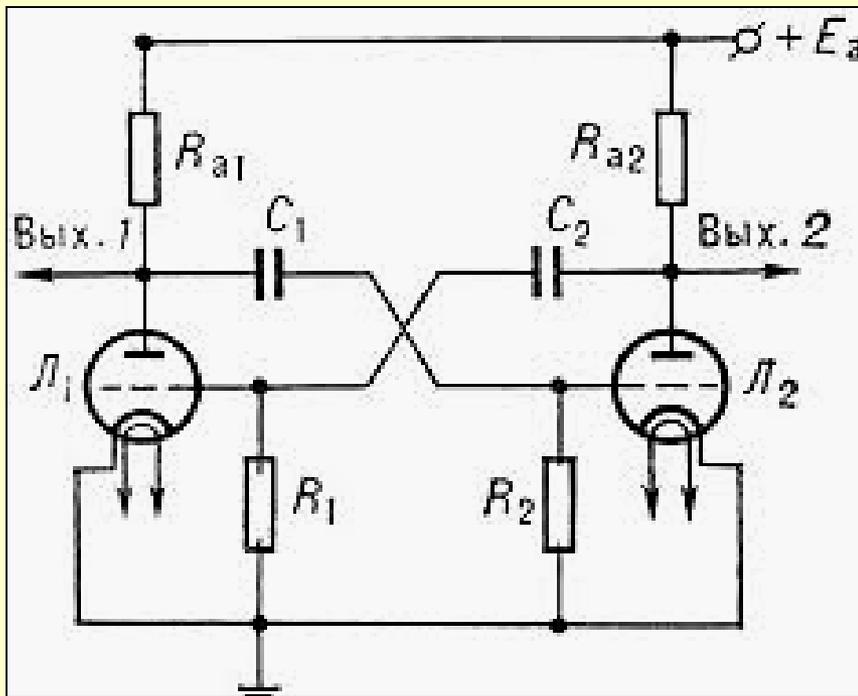
Принцип работы мультивибратора

Состояние схемы, в котором она окажется после скачка, также не будет устойчивым. Допустим, что в результате скачка ток I_{a2} достигнет максимальной величины, а лампа $\Pi 1$ оказалась запертой.

Отрицательное напряжение, запирающее лампу $\Pi 1$, создаваемое за счет разряда конденсатора $C 2$, будет уменьшаться по мере разряда $C 2$.

Как только уменьшающееся напряжение достигнет напряжения открывания лампы — E_{co} , через лампу $\Pi 1$ начинает проходить анодный ток I_{a1} .

Появление тока I_{a1} приводит к понижению напряжения на аноде лампы $\Pi 1$, и конденсатор $C 1$ будет разряжаться, а конденсатор $C 2$ — заряжаться.



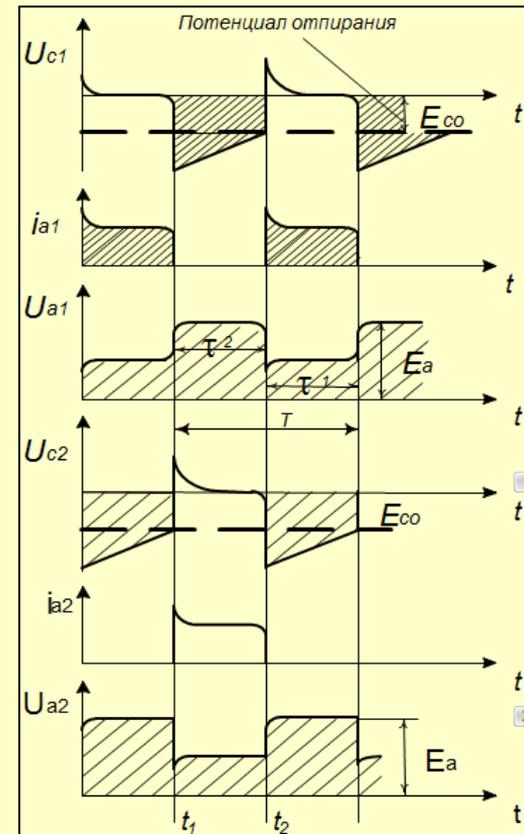
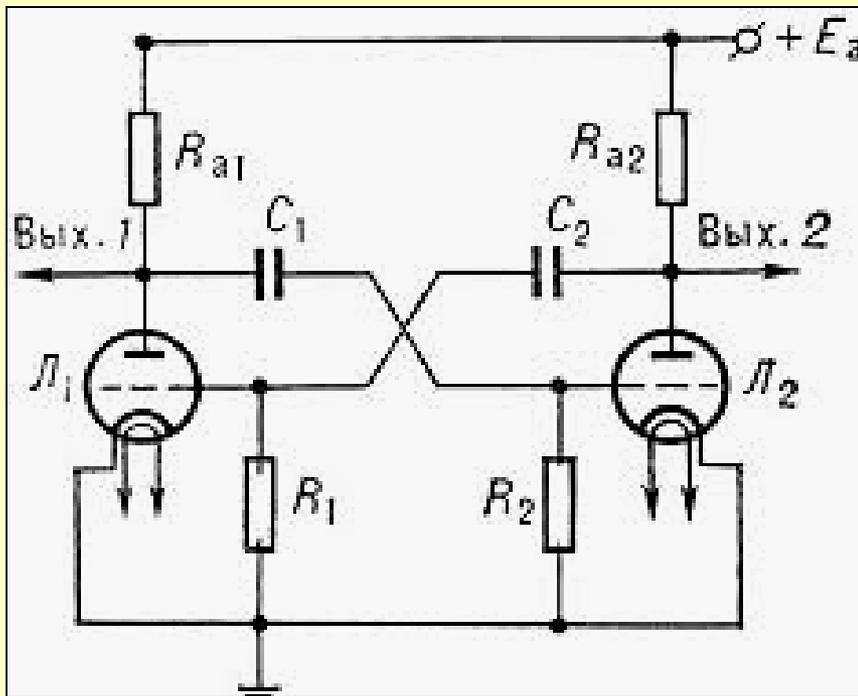
Принцип работы мультивибратора

Очевидно, и это состояние системы не будет устойчивым.

Оно сохранится до тех пор, пока отрицательное напряжение на сетке лампы Л2, создаваемое током разряда конденсатора С1, не уменьшится до величины E_{co} , в результате чего наступит периодический процесс открывания и закрывания лампы.

Выходное напряжение снимается с анода той или другой лампы в зависимости от требуемой полярности сигнала.

Изменением сопротивлений R_{c1} и R_{c2} (или емкостей $C1$ и $C2$) можно менять длительность формируемых импульсов.



Вопрос 2

Назначение, состав и работа блокинг-генератора

Блокинг-генератор

Блокинг-генератор представляет собой однокаскадный генератор кратковременных импульсов с сильной индуктивной положительной обратной связью.

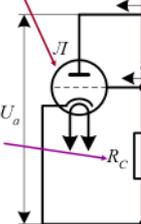
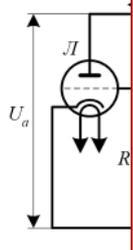
Основные элементы Блокинг-генератора

импульсный трансформатор T_p со стальным или ферритовым сердечником

электронная лампа L

конденсатор

резистор R



Основные характеристики Блокинг-генератора

1. **Длительность импульсов**, вырабатываемых Б-Г определяется параметрами схемы: типом лампы, мощностью трансформатора, величиной индуктивности обмотки.

2. **Импульсы используются** в индикаторах; в синхронизирующих устройствах; в счетчиках импульсов; в делителях частоты и т.д.

3. **Режимы работы:** автоколебательный; синхронизации (ждущий).

Принцип работы блокинг-генератора

1. В промежутках между генерацией импульсов лампа заперта отрицательным напряжением на сетке, создаваемым на сопротивлении R_C током разряда C .

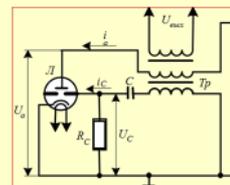
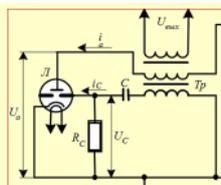
2. По мере разряда конденсатора напряжение на сетке U_C постепенно повышается и в момент, когда оно достигает напряжения насыщения лампы, ток начинает протекать по анодной обмотке T_p , что вызывает повышение потенциала на сетке.

При этом в сеточной обмотке T_p происходит лавинное повышение напряжения на сетке. В результате происходит лавинное увеличение тока I_a и напряжения на сетке U_C .

Принцип работы блокинг-генератора

3. Нарастание тока продолжается до величины тока насыщения лампы $I_{a_{max}}$, после чего I_a остается постоянным.

С прекращением нарастания анодного тока происходит самоиндукция во вторичной обмотке трансформатора, в результате которой происходит разряд лампы через вторичную обмотку трансформатора. При этом дальнейшее уменьшение анодного тока I_a приводит к быстрому падению напряжения на сетке U_C .

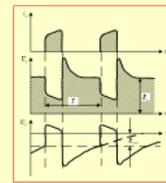
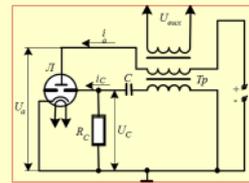


Принцип работы блокинг-генератора

4. Напряжение на сетке продолжает убывать, и после заштриховки лампы, так как при резком спаде анодного тока в обмотках трансформатора индуктируются большие напряжения.

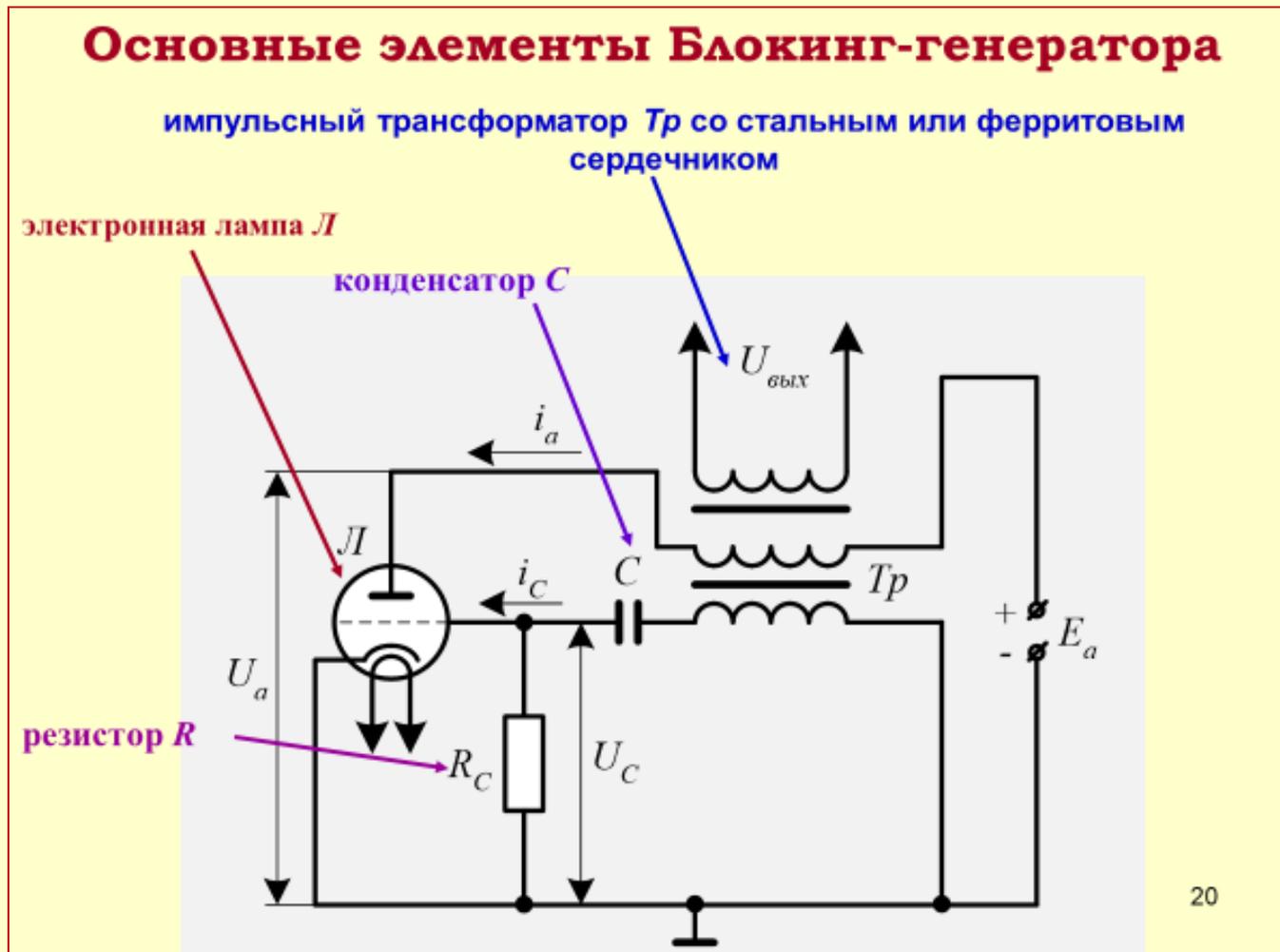
В это время конденсатор C медленно разряжается через резистор R_C , при этом напряжение на сетке лампы медленно повышается. Разряд продолжается до тех пор, пока напряжение на сетке не достигнет потенциала отпирания лампы (E_{CO}).

В этот момент лампа отпирается и цикл работы схемы повторяется. Выходное напряжение Б-Г снимается с третьей обмотки трансформатора.



Блокинг-генератор

Блокинг-генератор - однокаскадный генератор кратковременных импульсов с сильной индуктивной положительной обратной связью.



Основные характеристики Блокинг-генератора

1. **Длительность импульсов**, вырабатываемых Б-Г определяется параметрами схемы: *типа лампы, конденсатора, трансформатора*, лежит в пределах: **$\tau = 0,1\text{мкс} - 100\text{мкс}$**

2. **Импульсы используются:**

- в индикаторах;
- в синхронизирующих устройствах РЛС;
- в счетчиках импульсов;
- в делителях частоты импульсов и других устройствах.

3. **Режимы работы:**

- автоколебательный;
- синхронизации (ждуший режим).

Принцип работы блокинг-генератора

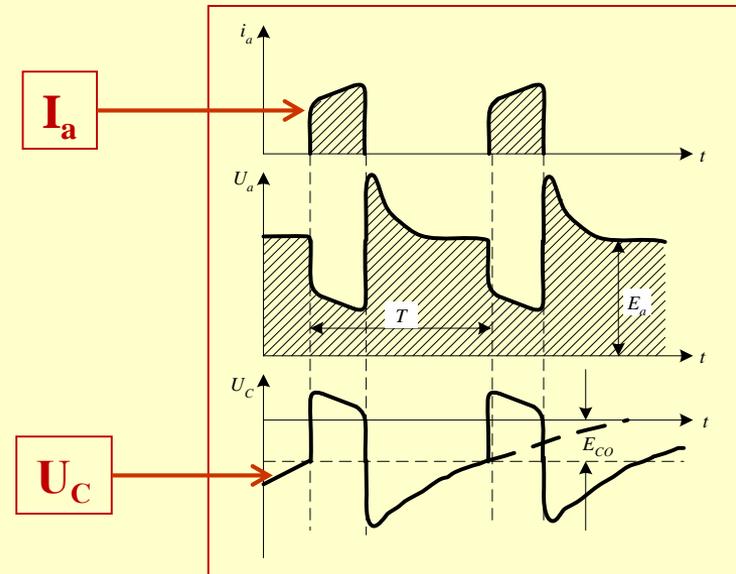
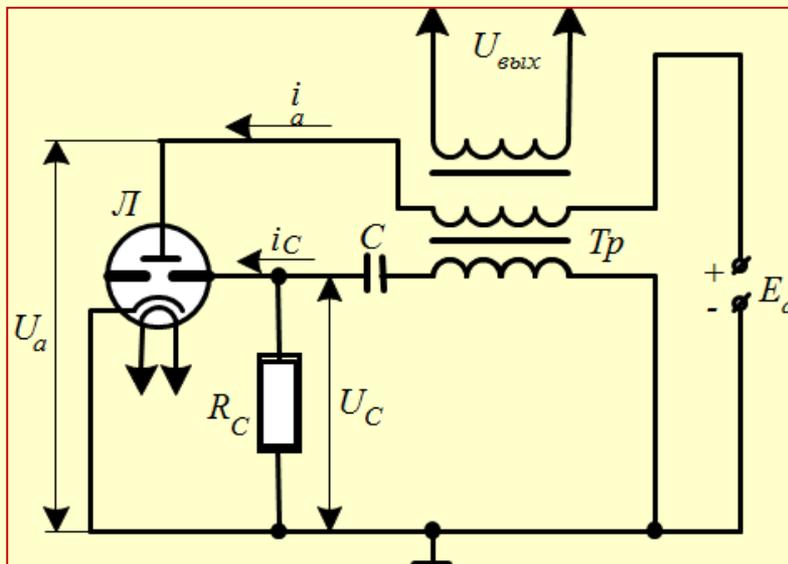
1. В промежутках между генерацией импульсов лампа заперта отрицательным напряжением на сетке, создаваемым на сопротивлении R_c током разряда C .

2. По мере разряда конденсатора напряжение на сетке U_c постепенно повышается

и в момент, когда оно достигает напряжения отсечки, лампа откроется и через анодную обмотку T_p начнет протекать анодный ток I_a .

При этом в сеточной обмотке T_p индуктируется напряжение, полярность которого повышает потенциал на сетке, это приводит к дальнейшему повышению напряжения на сетке U_c .

В результате происходит лавинообразный процесс увеличения анодного тока I_a и напряжения на сетке U_c .



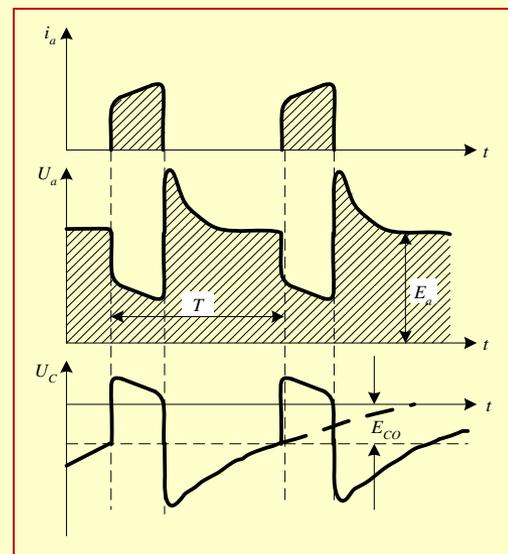
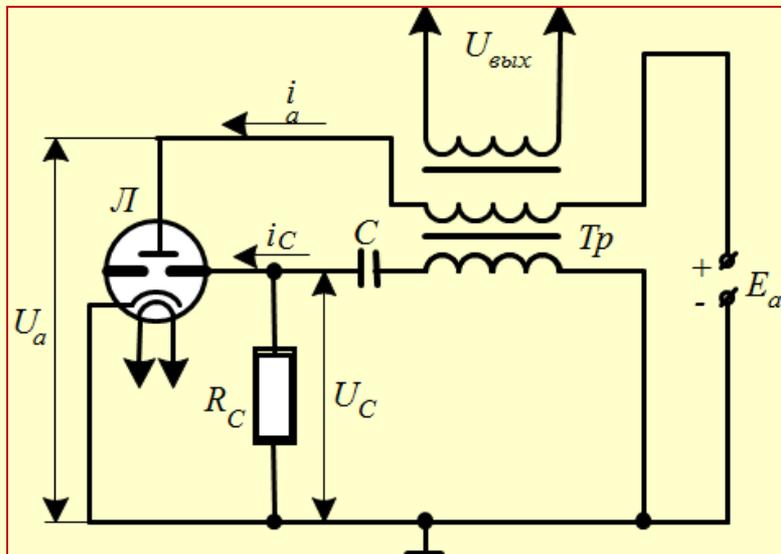
Принцип работы блокинг-генератора

4. Напряжение на сетке продолжает убывать, и после запираания лампы, так как при резком спадании анодного тока в обмотках трансформатора индуктируются большие напряжения.

В это время конденсатор C медленно разряжается через резистор R_c , при этом напряжение на сетке лампы медленно повышается.

Разряд продолжается до тех пор, пока напряжение на сетке не достигнет потенциала отпирания лампы (E_{co}).

В этот момент лампа отпирается и *цикл* работы схемы повторяется. Выходное напряжение Б-Г снимается с третьей обмотки трансформатора.



Вопрос 3

Ограничители импульсов

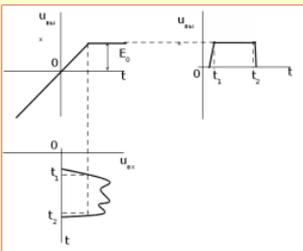
Ограничители импульсов

Назначение и типы ограничителей

Электронные ключи используют в устройствах формирования импульсов.

К простейшим и наиболее распространенным устройствам формирования импульсов относят **ограничители**, а также линейные цепи, включаемые на выходе электронных ключей.

Ограничителем называют нелинейный четырехполюсник, выходное напряжение которого повторяет входное напряжение, если последнее не выходит за уровни ограничения, и почти не изменяется, если входное напряжение выходит за эти уровни.



Применение:

1) Формирование трапециoidalного напряжения из синусоидального.

Если амплитуда входного напряжения значительно больше входного напряжения, то м выходное напряжение, близкое по прямоугольным импульсам.

2) Сглаживание вершин импульсов помехой или определяемых услови формирования.

3) Формирование импульсов неизм например в устройствах измерения фазовых сдвигов между сигналами

https://works.doklad.ru/view/KAB_1A586o8.html

Ограничители импульсов

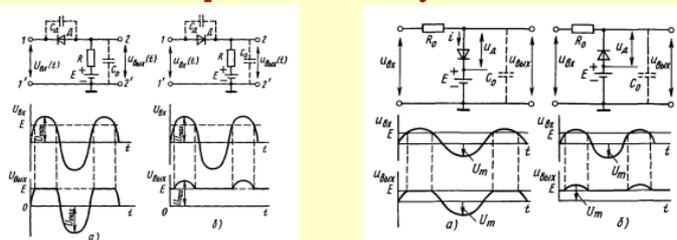


Рис. 19.22

Рис. 19.23

Рассмотрим ограничители на полупроводниковых диодах. В зависимости от способа включения диода различают:

- последовательные (рис. 19.22, а, б);
- параллельные (рис. 19.23, а, б) схемы ограничения электрических сигналов.

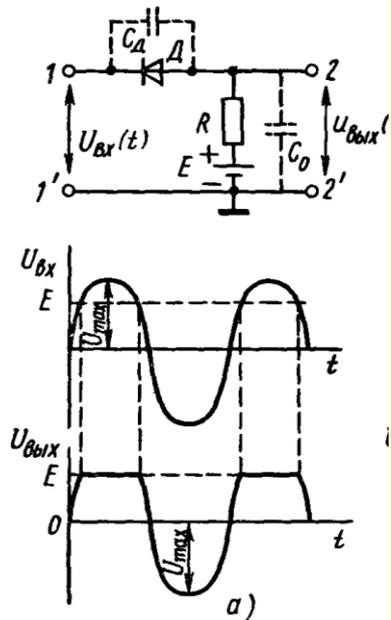
На рис. 19.22 приведены также их временные диаграммы напряжений. Когда напряжение на аноде диода отрицательно, диод заперт и выходное напряжение $U_{\text{вых}}(t) \approx E$, так как обратное сопротивление диода $R_{\text{обр}}$ значительно больше сопротивления нагрузки R . Если $U_d > 0$, то диод открыт и при условии, что прямое сопротивление диода $R_d \ll R$, напряжение на выходе почти равно входному. Следовательно, порог ограничения сигнала определен равенством нулю напряжения на диоде.

<https://studfile.net/preview/2065820/page:5/> - Ограничители электрических сигналов ✘

Ограничители импульсов

Ограничителем называют нелинейный четырехполюсник, выходное напряжение которого повторяет входное напряжение, если последнее не выходит за уровни ограничения.

Ограничители относят к простейшим и наиболее распространенным устройствам формирования импульсов. Их используют как линейные цепи, включаемые на выходе электронных ключей.



Применение:

- 1) Формирование трапецеидального напряжения из синусоидального, близкого по форме к прямоугольным импульсам.
- 2) Сглаживание вершин импульсов, искаженных помехой.
- 3) Формирование импульсов неизменной амплитуды (например в устройствах измерения временных или фазовых сдвигов между сигналами).

Ограничители импульсов

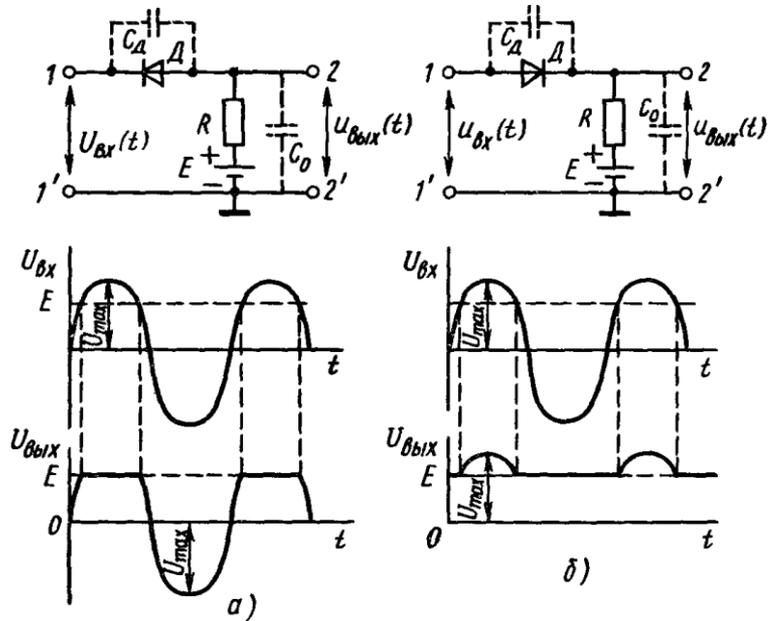


Рис. 19.22

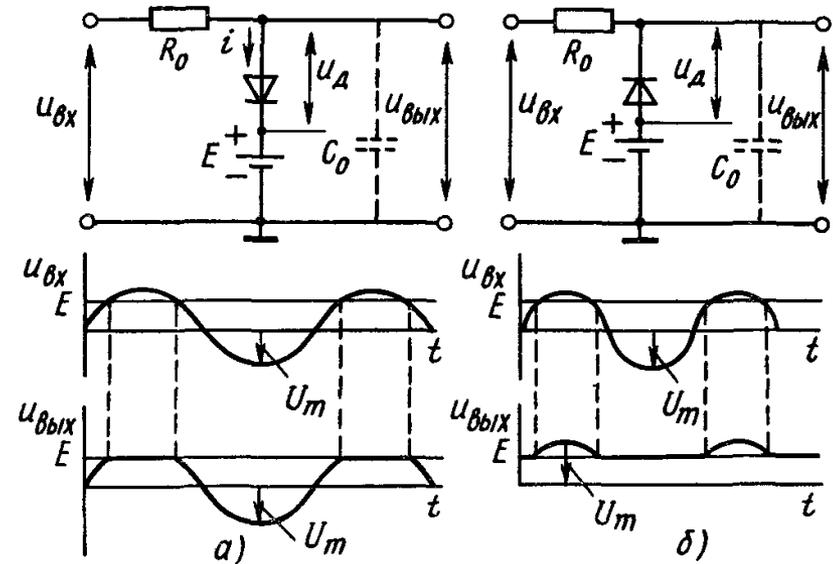


Рис. 19.23

Рассмотрим ограничители на полупроводниковых диодах. В зависимости от способа включения диода различают:

- последовательные (рис. 19.22, а, б);
- параллельные (рис. 19.23, а, б) схемы ограничения электрических сигналов.

На рис. 19.22 приведены также их временные диаграммы напряжений.

Когда напряжение на аноде диода отрицательно, диод заперт и выходное напряжение $U_{вых}(t) \approx E$, так как обратное сопротивление диода $R_{обр}$ значительно больше сопротивления нагрузки R .

Если $U_d > 0$, то диод открыт и при условии, что прямое сопротивление диода $R_d \ll R$, напряжение на выходе почти равно входному.

Следовательно, порог ограничения сигнала определен равенством нулю напряжения на диоде.



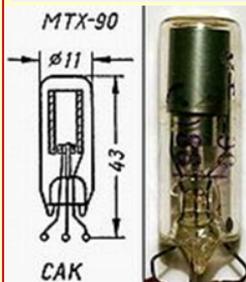
Вопрос 4

Тиратрон

Тиратрон*

Тиратрoн — **ионный** (газоразрядный) прибор для управления электрическим током с помощью напряжений, поданных на его электроды.

«**Тиратрон**» происходит от слова «электрон» и греческого слова *θυρα* (дверь), подчеркивающего возможность «открывания» (*отпирания*) тиратрона с помощью сетки.



Тиратрон - представляет собой герметичный баллон, наполненный инертными газами (водород или пары ртути), в котором помещены три электрода.

Электроды тиратрона:

- анод,
- катод,
- управляющая сетка.

Сетка расположена в баллоне между анодом и катодом и используется для зажигания газового разряда в пространстве между А и К.

Пространство между анодом и катодом используется для удержания **ионизированного газа**, пропускающего электрический ток.

<https://www.youtube.com/watch?v=jg---TJROLM> - Тиратрон с холодным катодом

Тиратрон



Широкое применение получили тиратроны тлеющего разряда (тиратроны с холодным катодом) с тремя или более электродами. Они используются в автоматике, в релейных и счетных схемах, а также в импульсных генераторах и других устройствах.

В трех-электродных тиратронах тлеющего разряда между анодом и катодом расположен третий электрод, называемый сеткой или пусковым электродом.

Сетка в тиратроне обладает более ограниченным действием, нежели в электронных электровакуумных триодах. В последних, изменяя напряжение сетки, можно полностью управлять анодным током, т. е. регулировать его от нуля до максимального значения.

А в тиратроне с помощью сетки можно только отпираться тиратрон, но нельзя изменять анодный ток. После возникновения разряда сетка теряет управляющее действие. Прекратить разряд в тиратроне можно только понижением анодного напряжения до значения, при котором разряд не сможет существовать, или разрывом анодной цепи.



<http://tubeamplifier.narod.ru/mess047.htm> - Тиратроны тлеющего разряда/

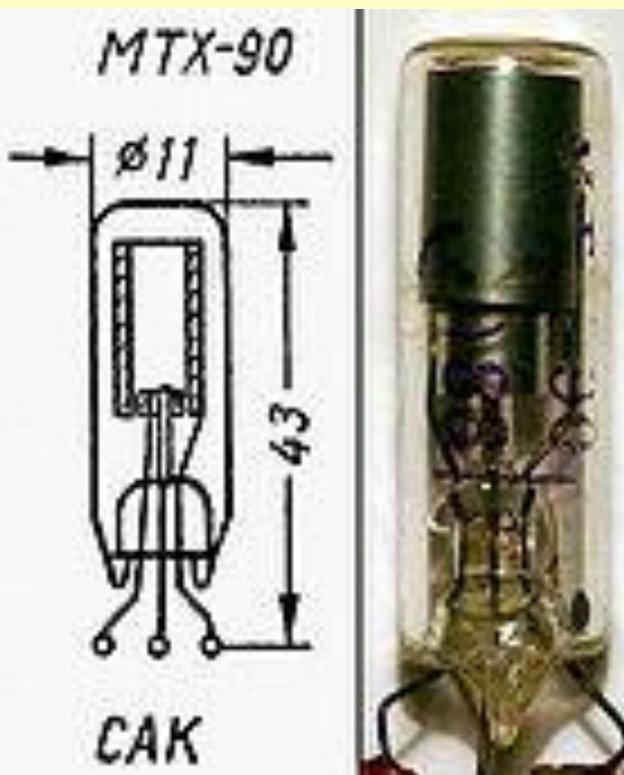
29



Тиратрон*

Тиратрон — ионный (газоразрядный) прибор для управления электрическим током с помощью напряжений, поданных на его электроды.

«**Тиратрон**» происходит от слова «электрон» и греческого слова *thyra* (дверь), подчеркивающего возможность «открывания» (*отпирания*) тиратрона с помощью сетки.



Тиратрон - представляет собой герметичный баллон, наполненный инертными газами (водород или пары ртути), в котором помещены три электрода.

Электроды тиратрона:

- анод,
- катод,
- управляющая сетка.

Сетка расположена в баллоне между анодом и катодом, используется для зажигания газового разряда в пространстве между А и К.

Пространство между анодом и катодом служит для удержания ионизированного газа, проводящего электрический ток.

Тиратрон

Широкое применение получили тиратроны *тлеющего разряда* (*тиратроны с холодным катодом*) с тремя или более электродами.

Они используются:

- в автоматике, в релейных и счетных схемах, а также в импульсных генераторах и других устройствах.

В трех-электродных тиратронах тлеющего разряда между анодом и катодом расположен третий электрод, называемый сеткой или *пусковым электродом*.

Сетка - в тиратроне обладает более ограниченным действием, нежели в электронных электровакуумных триодах. В последних, изменяя напряжение сетки, можно полностью управлять анодным током, т. е. регулировать его от нуля до максимального значения.

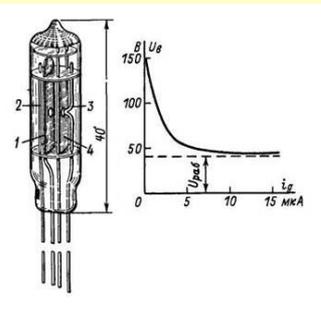
А в тиратроне с помощью сетки можно только:

- *отпирать* тиратрон, но нельзя *изменять* анодный ток.

После возникновения разряда сетка теряет управляющее действие.

Прекратить разряд в тиратроне можно только:

- *понижением* анодного напряжения до значения, при котором разряд не сможет существовать, или *разрывом* анодной цепи.



Задание на самоподготовку:

Изучить материал занятия
по конспекту и учебному пособию.

Вопросы занятия:

1. Назначение, состав и работа мультивибратора.
2. Назначение, состав и работа блокинг-генератора.
3. Ограничители импульсов.
4. Тиратрон.



Литература:

1. Учебное пособие
«Основы построения ЗАК»-2013 г.,
стр.80-83

5

Конец занятия

Контрольные вопросы

1. Сущность и виды радиолокации.
2. Радиоволны и их основные свойства, применяемые в РЛ.
3. Импульсная РЛС.
4. Основные технические характеристики импульсного радиолокатора.
5. Эффективная отражающая поверхность (ЭОП) цели.
6. Виды электрических импульсов и их параметры.
7. Дифференцирующие цепи.
8. Интегрирующие цепи.
9. Импульсный метод определения дальности.
10. Методы определения угловых координат. Метод равносигнальной зоны (при коническом обзоре пространства).
11. Двухэлектродная лампа.
12. Трех-электродная лампа, многоэлектродные лампы.
13. Усилители низкой, высокой и промежуточной частоты. Видеоусилители.



