

## Лабораторная работа №13.

### Релаксационный генератор на газонаполненной лампе.

**Цель:** исследовать зависимость частоты колебаний, вырабатываемых генератором от изменений  $R$  и  $C$ .

**Оборудование:** лабораторный стенд с релаксационным генератором не газонаполненной лампы; источник питания; осциллограф.

### Содержание и метод выполнения работы.

#### 1. Несамостоятельная проводимость газового столба.

Действие ряда ионизирующих факторов (космическое излучение, фотоэлектронная эмиссия, естественный радиоактивный фон и пр.) обуславливает присутствие в газе некоторого количества остаточных ионов, которые способствуют возникновению тока через газовый промежуток.

Если имеется электронная лампа с двумя холодными электродами, пространство между которыми заполнено разреженным газом, то при отсутствии электрического поля ионы газа и свободные электроны находятся в состоянии беспорядочного хаотического движения.

При подаче напряжения на электроды лампы ионы под действием электрического поля будут двигаться к отрицательно заряженному электроду – катоду, а электроны – к положительно заряженному электроду – аноду. В лампе возникает электрический ток. Такой вид газового разряда называют несамостоятельным.

Следует обратить внимание на то что при ионной проводимости газов *не соблюдается закон Ома*. Вольтамперная характеристика в этом случае имеет довольно сложный характер. В случае несамостоятельной электропроводности получается график, показанный на рис 1. Только при небольших значениях  $U$  график имеет вид прямой, т.е.

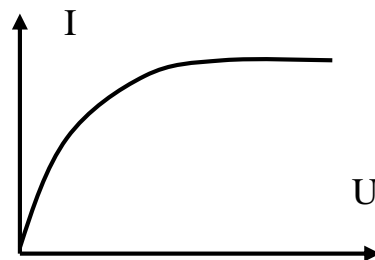


Рис 1

закон Ома приближенно сохраняет силу; с ростом  $U$  кривая загибается и, начиная с некоторого напряжения – обычно нескольких десятков вольт, – переходит в горизонтальную прямую. Это означает, что, начиная с некоторого напряжения, ток сохраняет постоянное значение, несмотря на увеличение напряжения. Это постоянное, не зависящее от напряжения значение величины тока называют *током насыщения*. Нетрудно понять смысл полученных результатов. Вначале с ростом напряжения увеличивается число ионов, проходящих за единицу времени через сечение разряда, т.е. увеличивается ток  $I$ , однако, как бы быстро ни двигались ионы, число их, проходящее через это

сечение за единицу времени, не может быть больше, чем общее число ионов, создаваемых в единицу времени внешним ионизирующим фактором.

## *2. Самостоятельная проводимость газового столба.*

Если после достижения тока насыщения в газе продолжать *значительно* повышать напряжение, ток внезапно, скачком резко возрастёт. Скачок тока показывает, что число ионов сразу резко возросло. Причиной этого является само электрическое поле.

При сравнительно небольших значениях напряжённости поля соударения ионов, движущихся в электрическом поле, с нейтральными молекулами газа происходят так же, как соударения упругих шаров. Однако при достаточной напряжённости поля кинетическая энергия, накопленная ионом между двумя столкновениями, может оказаться достаточной для того, чтобы ионизировать нейтральную молекулу при столкновении. В результате образуется новый свободный электрон и положительно заряженный остаток – ион. Такой процесс ионизации называют *ударной ионизацией*, а ту работу, которую нужно затратить, чтобы оторвать электрон от атома, – *работой ионизации*. Величина этой работы зависит от строения атома и поэтому различна для разных газов.

В результате ударной ионизации увеличивается число ионов и электронов в газе, причём в свою очередь они под влиянием поля тоже приходят в движение под действием электрического поля и могут произвести ударную ионизацию новых атомов. Ионизация в газе быстро достигает очень большой величины. Описанный процесс был назван *ионной лавиной*. Величина напряжения зажигания зависит от конструкции лампы, от выбора газа и от давления газа, которые определяют соответственно характер изменения электрического поля между электродами, энергию ионизации, длину свободного пробега электрона и иона от столкновения до столкновения, от которой зависит кинетическая энергия, которую частица успевает накопить до момента столкновения. От давления зависит и время рекомбинации. От выбора газа зависит цвет свечения.

## *3. Генерация несинусоидальных колебаний.*

Существенным отличием генератора релаксационных колебаний от генераторов синусоидальных колебаний является отсутствие свободных (без источника энергии) колебаний - в релаксационном генераторе имеется лишь один накопитель энергии, например, ёмкость. Процесс получения колебаний состоит в том, что энергия источника поступает сначала в накопитель. После того как энергия в нём достигнет определённого значения, открывается путь для стока энергии, причём обычно сток энергии (разряд накопителя)

происходит значительно быстрее заряда. Далее вновь начинается накопление энергии, и процесс повторяется.

На газоразрядных лампах с двумя устойчивыми состояниями (проводящим и непроводящим) легко создавать релаксационные генераторы, использующие явление заряда и разряда конденсатора (рис 2).

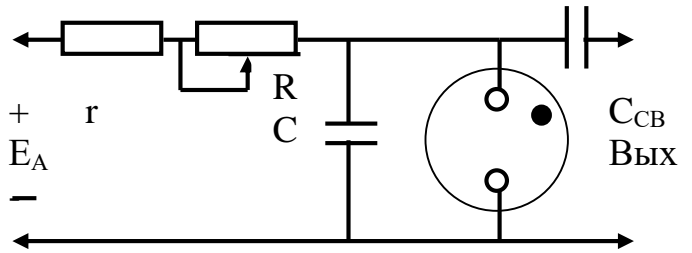


Рис 2

При включении источника питания  $E_A$  происходит заряд конденсатора  $C$  до напряжения зажигания  $U_3$ . При зажигании диода конденсатор  $C$  начинает быстро разряжаться через лампу. Время зарядки и разрядки конденсатора зависит от элементов схемы  $r$ ,  $R$ ,  $C$  и параметров лампы.

Пусть  $r+R=R_A$ .

Тогда постоянная времени заряда  $\tau_3=R_A C$ ,

разряда  $\tau_p=R_i C$ , где

$R_i$  – внутреннее сопротивление открытой лампы.

Т.к. обычно  $R_i \ll R_A$ , то  $\tau_p \ll \tau_3$ .

Лампа погаснет, когда напряжение на конденсаторе снизится до значения меньшего напряжения горения  $U_\Gamma$ . Сопротивление закрытой лампы можно считать практически бесконечно большим. Затем начинается повторный цикл зарядки и разрядки конденсатора. В схеме возникнут релаксационные колебания, близкие по форме к пилообразным (рис 3).

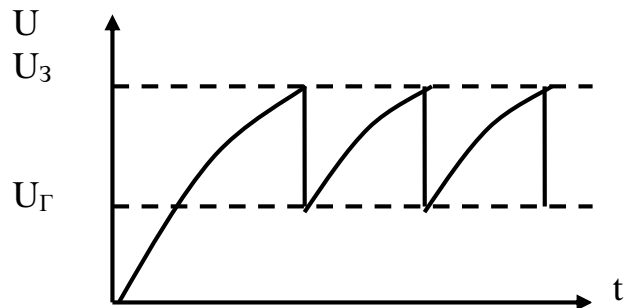


Рис 3

Чем больше  $E_A$  по сравнению с  $U_3$  и  $\tau_3$  по сравнению с  $\tau_p$ , тем круче экспоненты и кривая  $U_A(t)$  ближе к пилообразной форме.

Частота генерируемых колебаний определяется выражением:

$$\frac{1}{f} = T \approx R_A C \ln \frac{E_A - U_\Gamma}{E_A - U_3}$$

Амплитуда колебаний зависит от разности  $U_3 - U_\Gamma$  и для данного типа лампы – величина постоянная. Частоту генерируемых колебаний регулируют обычно изменением сопротивления  $R$ .

### Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с лабораторным стендом, приборами и принципиальной схемой установки, не включая питания и не трогая органов управления.

2. Включить питание осциллографа. Подать питающее напряжение на релаксационный генератор (голубое гнездо щитка питания). Включить тумблером громкоговоритель на стенде и прослушать работу генератора при различных значениях  $R$  и  $C$ . Обратить внимание на свечение газа около одного из электродов лампы при различных режимах работы релаксационного генератора.

3. *Выключить громкоговоритель.* Зарисовать осциллограммы колебательного процесса для нескольких значений  $R$  и  $C$ . Определить по осциллограммам влияние изменения  $R$  и  $C$  на период  $T$  релаксационных колебаний. Численное значение частоты и амплитуды колебаний определять при помощи осциллографа.

4. Построить функциональные зависимости  $T=f(R)$  и  $T=f(C)$ .

5. Выключить питание приборов.

### Контрольные вопросы.

1. Что такое длина свободного пробега электрона.

2. Для чего в схеме стоит  $r$  и что может произойти, если его убрать?

3. Что случится, если  $C_{св}$  замкнуть проводником?

4. У какого электрода лампы наблюдается интенсивное свечение? Почему?

5. Как изменится  $U_z$ , если увеличить давление газа?

6. Почему конденсатор  $C$  не разряжается полностью?

7. Объясните работу газонаполненного разрядника антенны в качестве устройства защиты приёмника от близких грозовых разрядов?

8. Почему генератор на газонаполненной лампе не может работать на больших частотах?

