

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ФИЗИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе Э-13

**«ИЗУЧЕНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ
В СХЕМЕ С НЕОНОВОЙ ЛАМПОЙ»**

Брест 2019

УДК 53 (076.5)

Методические указания содержат теоретические сведения, описание лабораторной установки и методики измерений, описание получения вольт–амперной характеристики релаксационных колебаний, определение емкости, контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

Лабораторная работа предназначена для студентов всех специальностей и всех форм обучения.

Составители: Л.П. Щербаченко, старший преподаватель
Н.П. Тарасюк, доцент
З.Р. Молчанова, ассистент

и теоретической
ий государственный

Цель: снятие вольт–амперной характеристики неоновой лампы, изучение релаксационных колебаний, определение емкости.

Приборы и оборудование: генератор релаксационных колебаний (ГРК), источник регулируемого напряжения (ИРН), амперметр, вольтметр, магазин сопротивлений, магазин емкостей, набор конденсаторов неизвестной емкости.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Релаксацией называется процесс восстановления системы после некоторого возмущения, который описывается экспоненциальным выражением

$A = A_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ или $A = A_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. Первое выражение описывает самопроизвольный процесс возвращения системы в положение равновесия, например разрядка конденсатора через сопротивление. Второе выражение описывает вынужденный процесс перехода системы в новое состояние равновесия, например зарядка конденсатора от источника. Величина τ называется временем релаксации. Это время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в e раз.

Релаксационные колебания – незатухающие негармонические колебания нелинейных систем, для которых характерно медленное накопление энергии системы до определенного критического значения, а затем последующей разрядки энергии, происходящей почти мгновенно. Их генератором может служить система: газонаполненная лампа – конденсатор (рис.1).

Схема ГРК содержит магазин сопротивлений R , магазин емкостей C и неоновую лампу.

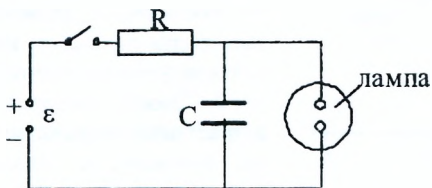


Рисунок 1

Используемая в данной работе неоновая лампа очень широко применяется в качестве индикатора в различных устройствах. Такая лампа представляет собой стеклянный баллон, заполненный неоном при низком давлении (10 - 15 мм рт. ст.). Внутри баллона впаяны два электрода – один в виде диска, другой в виде проволочного кольца на расстоянии 2-3 мм друг от друга. При включении источника (ϵ) начальное сопротивление незажженной лампы велико, конденсатор C заряжается, одновременно растет разность потенциалов на электродах газонаполненной лампы. Когда между электродами создается достаточное напряжение (U_z – напряжение зажигания), в газе возникает тлеющий разряд, который сопровождается свечением красно-оранжевого цвета.

Газы в естественном состоянии состоят из электрически нейтральных атомов и молекул, т.е. не содержат свободных зарядов и поэтому не проводят электрический ток. Проводить они могут, только если часть молекул ионизируется – расщепляется на положительные и отрицательные ионы. Обычно происходит расщепление на одновалентный положительно заряженный ион и электрон. Ионизация может происходить под влиянием различных воздействий на газ, например, нагрева, космических лучей, и др. Наряду с процессом ионизации в газе происходит и обратный процесс – рекомбинация, т.е. воссоединение положительных и отрицательных ионов в нейтральный атом.

Если газ, находящийся под действием внешнего ионизатора, заключен в колбу с впаянными в нее электродами (“лампа”), то при подаче на электроды напряжения зажигания через газ потечет ток, который называют газовым разрядом. В этом случае электропроводность газа создается за счет внешнего ионизатора, и ток, возникающий в нем, называется несамостоятельным разрядом. Существенно, что после того как лампа уже зажглась, она может гореть при более низких напряжения вплоть до некоторого напряжения – напряжения гашения U_g . При прекращении действия внешнего ионизатора такой разряд прекращается.

Электрический ток в газе, сохраняющийся после прекращения действия внешнего ионизатора, называется самостоятельным газовым разрядом. Для его осуществления необходимо, чтобы в результате самого разряда в газе непрерывно образовывались свободные заряды.

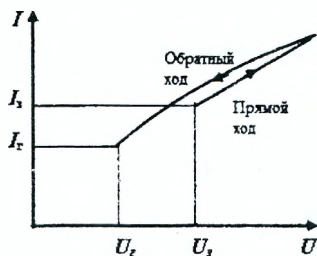


Рис. 2

Идеализированная вольт–амперная характеристика газонаполненной лампы приведена на рис. 2. Как следует из характеристики, если увеличивать разность потенциалов на электродах лампы, то при значении $U = U_3$ скачком устанавливается значение тока, равное I_3 – лампа “загорается”. При дальнейшем возрастании напряжения ток растет по закону, близкому к линейному. Если затем уменьшать напряжение на “горящей” лампе, то при напряжении, равном U_3 , лампа еще не

гаснет. Продолжая уменьшать напряжение, можно увидеть, что лишь при некотором напряжении – напряжении гашения U_g , которое меньше, чем U_3 , лампа “гаснет” и ток I_g скачком резко падает. На этом самостоятельный разряд в лампе прекращается. При дальнейшем возрастании напряжения процесс повторяется. Следует заметить, что для реальной лампы зависимость $I = f(U)$ не является линейной.

Зависимость от времени напряжения на конденсаторе показана на рис. 3 и представляет собой негармонические релаксационные колебания. Наблюдая эти колебания на экране осциллографа, можно рассчитать их период: $T = t_1 + t_2$; здесь t_1 – время накопления энергии (зарядки), t_2 – время сброса (разрядки).

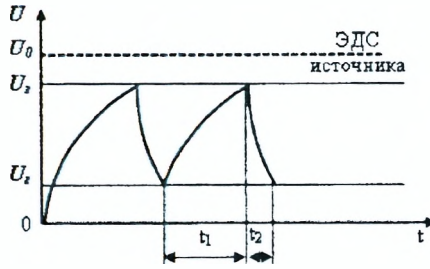


Рисунок 3

Как было показано, электрические релаксационные колебания состоят из двух процессов: зарядки конденсатора от источника питания и разрядки через неоновую лампу.

Закон изменения напряжения на конденсаторе при его зарядке можно найти, применив второй закон Кирхгофа к контуру RC.

$$I(R + r) + U_c = \varepsilon, \quad (1)$$

где I – мгновенное значение силы тока,

U_c – мгновенное значение напряжения на конденсаторе,

ε – напряжение, подаваемое на вход ГРК,

r – внутреннее сопротивление источника тока.

Так как $R \gg r$, значением r можно пренебречь.

Учитывая, что $I = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{d(q/C)}{dt} = C \frac{dU}{dt}$, уравнение (1) можно представить в виде

$$\frac{dU}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot U - \frac{\varepsilon}{RC} = 0. \quad (2)$$

Решением этого уравнения является функция

$$U = \varepsilon \cdot (1 - e^{-t/(RC)}). \quad (3)$$

Как видно, это уравнение вынужденного релаксационного процесса с временем релаксации $\tau_p = RC$.

Период τ релаксационных колебаний состоит из суммы времен t_3 (зарядка конденсатора от напряжения гашения U_r до напряжения зажигания U_3) и t_p (разрядки конденсатора через зажженную неоновую лампу от U_3 до U_r)

$$\tau = t_3 + t_p. \quad (4)$$

Время зарядки конденсатора:

$$t_3 = t_2 - t_1, \quad (5)$$

где t_2 – время зарядки конденсатора до напряжения U_3 , t_1 – время зарядки конденсатора до напряжения U_r . Значения t_1 и t_2 могут быть определены по формуле (3)

$$U_3 = \varepsilon \cdot (1 - e^{-\frac{t_2}{RC}}).$$

$$U_r = \varepsilon \cdot (1 - e^{-\frac{t_1}{RC}}),$$

Откуда

$$t_1 = RC \ln \frac{\varepsilon - U_r}{\varepsilon},$$

$$t_2 = RC \ln \frac{\varepsilon - U_3}{\varepsilon}.$$

Следовательно,

$$t_3 = t_2 - t_1 = RC \ln \frac{\varepsilon - U_r}{\varepsilon - U_3}.$$

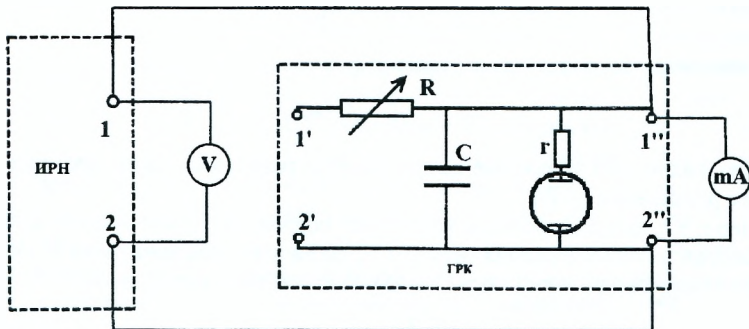
Обычно выбирают сопротивление R достаточно большим, тогда время разрядки t_p будет намного меньше t_3 , поэтому им пренебрегают:

$$\tau \approx t_3 = RC \ln \frac{\varepsilon - U_r}{\varepsilon - U_3} \quad (6)$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Получение ВАХ релаксационных колебаний.

Для снятия вольтамперной характеристики собирается следующая схема. К клеммам 1-2 подключить вольтметр. Эти же клеммы соединить с клеммами 1''-2''. Миллиамперметр присоединяется к схеме переключателем в положении «Вкл.», находящимся под миллиамперметром.



1. Переключатель на магазине емкостей C установить в положение 0.

2. Снять зависимость тока I от напряжения U при его увеличении от 0 до 200 В, а затем при уменьшении напряжения до нуля (при прямом и обратном ходе необходимо снять по 8-10 точек). По возможности точно определить напряжение зажигания U_z , и гашения U_r лампы, а так же силу тока I_r .

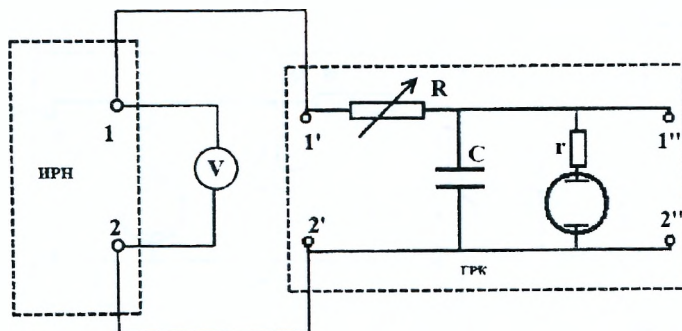
3. Данные организовать в таблицу.

№ п.п.	Прямой ход		Обратный ход	
	U, В	I, мА	U, В	I, мА
1.				
2.				
3.				
...				
№				

4. Построить график зависимости $I=f(U)$ (см. рисунок 2).

Задание 2. Определение периода колебаний неоновой лампы.

Для определения периода колебаний неоновой лампы собирается следующая схема. К клеммам 1-2 подключить вольтметр. Эти же клеммы соединить с клеммами 1'-2'. Переключатель, находящийся под миллиамперметром, установить в положение «Выкл.».



Переключатель на магазине емкостей C в ГРК установить в положение 1 или 2. На магазине сопротивлений R в ГРК установить такое значение, чтобы неоновая лампа мигала. При этом время гашения неоновой лампы было минимальным, т. е. должно выполняться условие:

$$R \geq \frac{\varepsilon - U_{\varepsilon}}{I_{\varepsilon}}$$

1. При помощи секундомера определить время t_{20} , в течение которого происходит $N=20$ миганий неоновой лампы.
2. Определить период колебаний $\tau_{\text{экл}}$:

$$\tau_{\text{экл}} = \frac{t}{N}$$

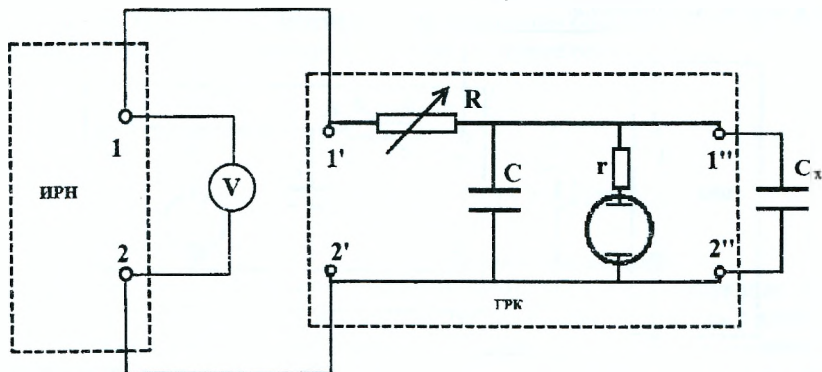
3. Определить с помощью вольтметра напряжение ε , подаваемое на вход ГРК, когда неоновая лампа мигает.
4. Рассчитать теоретическое значение периода $\tau_{\text{теор}}$, релаксационных колебаний по формуле (6).
5. Измерения провести при каждом значении емкости. Данные оформить в таблицу.

№ п.п.	C, Ф	R, Ом	t ₂₀ , с	τ _{эксп} , с	τ _{теор} , с
1					
2					
...					

6. Сравнить экспериментальное и теоретическое значение периода. Сделать вывод.

Задание 3. Определение неизвестной емкости.

1. Переключатель емкости в ГРК поставить в положение 1 или 2.
2. Добиться мигания неоновой лампы.
3. Определить период колебаний τ неоновой лампы при помощи секундомера.
4. Клеммы 1''-2'' подсоединить не известную емкость C_x согласно схеме.



5. Не меняя напряжения, даваемого ИРН, определить новый период колебаний τ' .

6. Определить неизвестную емкость C_{1x} по формуле $C_x = \frac{\tau'}{\tau} C$

7. Измерение повторить для другой неизвестной емкости C_{2x} .

8. Соединить неизвестные емкости последовательно и подключить к клеммам 1''-2''. Определить емкость при последовательном соединении C_{1x} и C_{2x} . Сравнить с теоретическим значением.

9. Соединить неизвестные емкости параллельно и подключить к клеммам 1''-2''. Определить емкость при параллельном соединении C_{1x} и C_{2x} . Сравнить с теоретическим значением.

10. Данные оформить в таблицу.

№ п.п.	R, Ом	C, Ф	τ, с	τ', с	C _{1x} , Ф	C _{2x} , Ф	C _{послед} , Ф	C _{парал} , Ф
1.								
2.								
...								

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит электропроводность газов?
2. Что такое несамостоятельный разряд?
3. Каков механизм возникновения самостоятельного разряда?
4. Как работает генератор релаксационных колебаний?
5. Объяснить вольт–амперную характеристику газонаполненной лампы.
6. Вывод формулы (6) для периода релаксационных колебаний.
7. Применение газонаполненных ламп.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Релаксационные колебания

Релаксационными называются вынужденные колебания в таких системах, в которых из-за больших потерь (диссипации) энергии невозможны свободные колебания. Рассеяние энергии, обусловленное диссипативными силами, приводит к тому, что энергия, накопленная в одном из двух (или более) накопителей, входящих в состав автоколебательной системы, не переходит полностью к другому накопителю (как в системах, совершающих гармонические колебания), а рассеивается в системе, превращаясь в тепло. Релаксационные колебания, как и всякие автоколебания, могут происходить только в нелинейных системах, поэтому рассмотрение релаксационных колебаний требует применения нелинейной теории колебаний. Релаксационные автоколебательные системы характерны тем, что при отключении источника энергии в них невозможны колебательные движения. Если в системе преимущественное значение имеет один из энергоёмких параметров (например, ёмкость при пренебрежимо малой индуктивности или упругость при пренебрежимо малой массе), то каждый период релаксационных колебаний может быть разделён на несколько резко разграниченных этапов, соответствующих медленным и быстрым изменениям состояния системы, в которой происходят релаксационные колебания, что позволяет рассматривать релаксационные колебания в подобных вырожденных системах как разрывные колебания. С механическими релаксационными колебаниями приходится встречаться в различных механизмах (например, тормозные колодки), в которых трение достаточно велико и, вместе с тем, величина трения падает (по крайней мере в некоторой области) при увеличении относительной скорости движения поверхностей, между которыми возникают силы трения.

Электрические релаксационные колебания широко применяются в измерительной технике, телеуправлении, автоматике и др. разделах электроники. Для создания релаксационных колебаний существуют разнообразные схемы генераторов релаксационных колебаний, например блокинг-генераторы, мультивибраторы, RC-генераторы, а также генераторы с газоразрядной лампой, которая обладает свойствами зажигаться при некотором напряжении $U_з$ и гаснуть при более низком напряжении $U_г$.

Чтобы понять принцип действия схем генераторов релаксационных колебаний, необходимо познакомиться с особенностями электропроводности газов.

2. Электропроводность газов

Газы, в отличие от металлов и электролитов, в обычных условиях состоят из электрически нейтральных атомов и молекул, т. е. не содержат свободных зарядов и поэтому не проводят электрический ток. Проводить ток газы могут только в том случае, если часть молекул ионизируется - расщепляется на положительные и отрицательные ионы. Обычно расщепление происходит на одновалентные положительные ионы и свободные электроны. Ионизация может происходить под влиянием различных воздействий на газ: сильного нагрева, рентгеновских лучей, радиоактивных излучений, космических лучей, бомбардиров-

ки молекул газа быстро движущимися ионами, электронами, нейтронами и другими частицами (так называемая ударная ионизация).

Для того, чтобы выбить из молекулы (атома) один электрон, необходимо затратить определенную энергию ионизации, значения которой для атомов различных веществ лежат в пределах от 4 до 25 эВ, (где 1эВ=1,6·10⁻¹⁹ Дж).

Так как в обычных условиях газ подвергается воздействию космических лучей и радиоактивных излучений (внешних ионизаторов), то в нем всегда имеются свободные заряды. Однако интенсивность ионизации n_0 , измеряемая числом пар ионов разного знака, возникающих в единице объема газа в единицу времени, в обычных условиях очень мала и не может обеспечить существенной электропроводности. Поэтому газы ведут себя как изоляторы. Наряду с процессом ионизации в газе происходит и обратный процесс – рекомбинация, т. е. воссоединение положительных ионов и электронов в нейтральные атомы и молекулы. Вероятность такого процесса пропорциональна как числу положительных, так и числу отрицательных ионов. Поэтому количество рекомбинирующих за 1 секунду в единице объема пар ионов n_r пропорционально квадрату имеющих в единице объема пар ионов:

$$n_r = k \cdot n^2,$$

где k – коэффициент рекомбинации.

Под влиянием ионизации и рекомбинации в газе устанавливается равновесное состояние (динамическое равновесие), когда число пар ионов, возникающих в единичном объеме в единицу времени, равно числу рекомбинирующих за то же время пар: $n_0 = n_r$. В состоянии равновесия в единице объема газа будет находиться n пар ионов:

$$n = \sqrt{\frac{n_0}{k}}.$$

Если газ заключен в стеклянную трубку с впаянными в нее электродами, то при подаче на электроды напряжения имеющиеся электроны и ионы под действием внешнего электрического поля приобретут кинетическую энергию. При столкновении электрона с нейтральным атомом из атома «выбивается» электрон, то есть образуется еще один электрон и ион. Вторичные электроны, ускоряясь в электрическом поле, также участвуют в ионизации атомов. В результате число носителей тока в газе возрастает практически в геометрической прогрессии. Вторичная электронная эмиссия – испускание электронов с поверхности катода при бомбардировке его положительными ионами, приобретшими скорость в электрическом поле, дает начальный поток новых электронов. По трубке потечет ток. Процесс протекания тока через газ называется газовым разрядом. Если электропроводность газа создается за счет внешнего ионизатора, то возникающий в нем электрический ток называется самостоятельным разрядом. С прекращением действия внешнего ионизатора такой разряд прекращается. Электрический разряд в газе, сохраняющийся после прекращения действия внешнего ионизатора, называется самостоятельным газовым разрядом. Для его

осуществления необходимо, чтобы в результате самого разряда в газе непрерывно образовывались свободные заряды.

Плотность электрического тока в газе (электрический ток, проходящий через единицу площади поперечного сечения) обусловлена движением как положительных, так и отрицательных зарядов:

$$\vec{j} = q_+ \cdot n \langle \vec{v}_+ \rangle + q_- \cdot n \langle \vec{v}_- \rangle,$$

где q_+ и q_- – величины положительных и отрицательных зарядов; $\langle \vec{v}_+ \rangle$ и $\langle \vec{v}_- \rangle$ – средние скорости упорядоченного движения зарядов; n – концентрация зарядов.

Средние скорости упорядоченного движения пропорциональны напряженности электрического поля E и подвижности зарядов b :

$$\begin{aligned} \langle \vec{v}_+ \rangle &= b_+ \cdot \vec{E}, \\ \langle \vec{v}_- \rangle &= b_- \cdot \vec{E} \end{aligned}$$

где b_+ и b_- – подвижности положительных и отрицательных зарядов (скорости их упорядоченного движения при напряженности электрического поля $E = 1$ В/м). Соответственно подвижность ионов будет равна:

$$b = \frac{\langle \vec{v} \rangle}{E}.$$

Тогда

$$\vec{j} = (q_+ b_+ + q_- b_-) n \cdot \vec{E},$$

где j – плотность электрического тока, E – напряженность электрического поля.

Электропроводность будет равна:

$$\sigma = (q_+ b_+ + q_- b_-) n.$$

Учитывая, что атомы газов ионизируются, как правило, на электрон и одновалентный положительно заряженный ион, можно записать:

$$\sigma = e \cdot n (b_+ + b_-).$$

3. Вольтамперная характеристика

Зависимость тока от приложенного к электродам напряжения называется вольтамперной характеристикой. Вольтамперная характеристика изображена на рис. 4.

Если к электродам приложить напряжение, то ионы и электроны под действием сил со стороны электрического поля будут двигаться к противоположным электродам. При малых напряжениях (участок 1) концентрация зарядов остается постоянной, так как интенсивность ионизации будет постоянной (за время опыта интенсивность ионизации газа практически не меняется), а электропроводность будет достигать лишь незначительное число заряженных частиц. Поэтому электропроводность также остается постоянной, и сила тока пропорциональна напряженности электрического поля в соответствии с законом Ома.

С увеличением разности потенциалов (участок 2) линейная зависимость нарушается. Это связано с тем, что под действием поля значительная часть ионов и электронов, образующихся в единицу времени, достигает электродов. Это приводит к уменьшению концентрации зарядов и нарушению пропорциональности между током и напряжением.



Рисунок 4

Начиная с некоторого значения напряжения (участок 3), ток остается неизменным с увеличением напряжения. Это объясняется тем, что все заряды, возникшие в газе под действием внешнего ионизатора, достигают электродов, не успевая рекомбинировать. Поэтому при неизменной интенсивности ионизации не происходит дальнейшего роста тока при увеличении напряжения. Сила тока газового разряда достигает наибольшего значения, возможного при данной интенсивности ионизации, определяющейся внешним ее источником. Этот ток называется током насыщения J_n . Плотность тока насыщения находится по формуле:

$$j_{нас} = q \cdot n_0 \cdot d ,$$

где q — заряд иона, n_0 — число пар ионов, создаваемых ионизатором в единице объема в единицу времени, d — расстояние между электродами.

$$n_0 = N / (V \cdot t) ,$$

где N — число пар ионов, создаваемых ионизатором за время t в пространстве между электродами, V — объем этого пространства.

Газовый разряд, происходящий при напряжениях соответствующих областям 1,2,3, является несамостоятельным газовым разрядом. При дальнейшем увеличении напряжения (участок 4) происходит резкое увеличение тока. Это объясняется ударной ионизацией: электроны, возникшие в газе за счет внешнего ионизатора во время своего движения к аноду под действием электрического поля, приобретают энергию, достаточную для ионизации нейтральных молекул газа при столкновении с ними. При этом образуются вторичные электроны и ионы. В свою очередь вторичные электроны, ускоряясь, полем, могут также ионизировать нейтральные молекулы газа.

Число носителей тока лавинообразно возрастает. Увеличивается и сила тока. Но разряд в газе остается еще несамостоятельным, так как ударная ионизация, вызванная одними электронами, недостаточна для поддержания разряда при удалении внешнего ионизатора. Это вызвано тем, что электроны движутся в электрическом поле от катода к аноду. Поэтому они могут ионизировать только

те молекулы газа, которые ближе к аноду по отношению к месту возникновения данного электрона. Вблизи катода электроны еще не имеют энергии, достаточной для ионизации, и в этой области электроны могут возникать только благодаря внешнему ионизатору.

Если действие последнего прекратится, то область ударной ионизации будет постепенно сокращаться, стягиваясь к аноду по мере движения к нему электронов, и, в конце концов, ударная ионизация и электрический ток в газе прекратятся. Для перехода от несамостоятельного разряда к самостоятельному необходимо, чтобы электронные лавины «воспроизводились», т. е. чтобы в газе под действием каких-то процессов возникали новые электроны. Суть такого процесса состоит в следующем:

1) ускоренные электрическим полем положительные ионы, ударяясь о катод, выбивают из него электроны;

2) положительные ионы, сталкиваясь с молекулами газа, переводят их в возбужденное состояние, а обратный переход таких молекул в нормальное состояние сопровождается испусканием фотона;

3) фотон, поглощенный нейтральной молекулой, ионизирует ее, происходит так называемый процесс фотонной ионизации молекул;

4) выбивание электронов из катода под действием фотонов;

5) наконец, при значительных напряжениях между электродами газового промежутка наступает момент, когда положительные ионы, обладающие меньшей длиной свободного пробега, чем электроны, приобретают энергию, достаточную для ионизации молекул газа, и к отрицательной пластине устремляются ионные лавины. Когда возникают кроме электронных лавин еще и ионные, сила тока растет уже практически без увеличения напряжения.

В результате описанных процессов (1-5) число ионов и электронов в объеме газа лавинообразно возрастает, и разряд становится самостоятельным, т. е. сохраняется после прекращения действия внешнего ионизатора. Переход от несамостоятельного разряда к самостоятельному называется электрическим пробоем газа, а соответствующее напряжение – напряжением зажигания (пробоя) U_z , которое зависит от химической природы газа, материала катода, формы электродов и расстояния между ними, давления газа и наличия в нем примесей.

4. Применение газонаполненных ламп

- Благодаря очень малому току потребления, неоновая лампа является простым, экономичным и надёжным индикатором включения сетевого напряжения 220 вольт.

- Минимальный ток, необходимый для зажигания неоновых ламп низкого давления, настолько мал, что его может дать даже ёмкость тела человека, то есть такие лампы очень чувствительны. Это используют в пробниках-индикаторах, позволяющих обнаруживать наличие переменного напряжения на фазном проводе осветительной электросети или на корпусах приборов. Такой пробник должен в обязательном порядке содержать резистор номиналом порядка 1 МОм, включённый последовательно с неоновой лампой, для исключения возможности поражения человека электрическим током.

- Неоновая лампа применяется в стробоскопическом устройстве контроля частоты вращения диска электрофона.

- Неоновая лампа может применяться не только как элемент индикации. Благодаря наличию отрицательного динамического сопротивления, она может выступать и в качестве активного элемента. Наиболее часто она применяется в этом качестве в релаксационных генераторах, а также используется в качестве порогового элемента. Может она применяться и в более сложных схемах: например на неоновых лампах можно делать счётчики.

- Неоновая лампа также может использоваться как элемент защиты от кратковременных перенапряжений в сигнальных цепях соответствующего напряжения (если допустимое напряжение защищаемой цепи ниже порога её зажигания, а выбросы напряжения достигают его), например в телефонных линиях (в входных цепях телефонных аппаратов).

Рекомендуемая литература

1. Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – М.: Высш. шк., 1989.
2. Зисман, Г.А. Курс физики / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. – Киев, 1994.
3. Трофимова, Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1985 – 2007.
4. Савельев, И.В. Курс физики. – М.: Наука, 1988.
5. Калашников, С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1985.

Учебное издание

Составители:

*Щербаченко Лилия Павловна
Тарасюк Николай Петрович
Молчанова Зульфия Рафгатовна*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе Э-13

**«ИЗУЧЕНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ
В СХЕМЕ С НЕОНОВОЙ ЛАМПОЙ»**

Ответственный за выпуск: Щербаченко Л.П.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 14.01.2019 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 0,93. Уч. изд. л. 1,0. Заказ № 62. Тираж 22 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.