

Лабораторна работа № 4.27.12

Изучение релаксационных колебаний

Цель работы. Снятие вольт-амперной характеристики неоновой лампы, измерение и расчет периода релаксационных колебаний.

Приборы и принадлежности. Стенд экспериментальной установки ФПЭ=12,

Теоретическое введение

Слово «релаксация» в переводе с латыни означает «ослабление, уменьшение». Релаксацией называется процесс восстановления равновесия системы после некоторого возмущения.

Если музыкант ведет смычком по струне, смычок увлекает струну за собой. Когда смещение струны достигает некоторого предела, струна отрывается от смычка и возвращается в исходное положение. Смычок снова увлекает струну, и процесс повторяется. Говорят, что струна совершает *релаксационные колебания*.

. Процесс релаксационных колебаний состоит из двух стадий:

1. *медленного* накопления энергии системы до определенного критического значения;
2. последующей отдачи энергии, происходящей *почти мгновенно*.

С *механическими* релаксационными колебаниями приходится встречаться в механизмах, в которых величина трения падает при увеличении относительной скорости движения поверхностей, между которыми возникают силы трения. Этим объясняются вибрации тормозов трамвая и авто, скрип дверных петель, звук царапины по стеклу, визг автомобильных шин по асфальту и т.п.

Примером *электрических* релаксационных колебаний являются колебания, возникающие в схеме с неоновой лампой.

Неоновая лампа

Неоновая лампа (на рис.1 обозначена L) представляет собой стеклянный баллон, в котором при низком давлении (10-15 мм рт.ст.) находится инертный газ неон. В лампу введены плоские металлические электроды – катод и анод, к ним подводится извне напряжение.

Поскольку в газе, который заполняет лампу, почти нет свободных носителей заряда (электронов или положительных ионов), ток через лампу при малом напряжении на электродах практически не проходит.

С повышением напряжения те свободные электроны, которые возникли, например, под действием космического излучения, ускоряются полем и приобретают всё большую энергию. Низкое давление в лампе создают для того, чтобы электроны, дви-

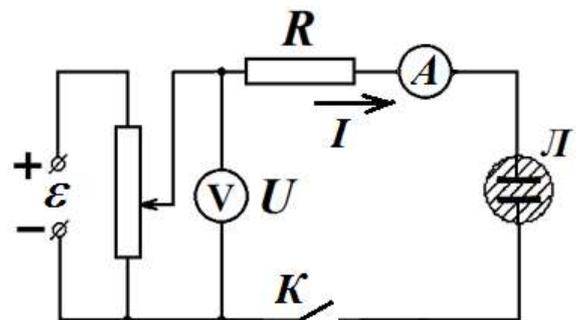


Рис. 1.

гаясь ускоренно, испытывали меньше соударений с атомами и успевали приобретать большую энергию.

При определенном напряжении на электродах, называемом **напряжением зажигания** $U_{\text{зж}}$, энергии электронов становится достаточно для ионизации ударом атомов неона. При этом возникают новые электроны и положительные ионы. Эти ионы движутся к катоду и выбивают из него вторичные электроны, которые затем ускоряются полем и снова вызывают ионизацию. Число носителей тока лавинообразно возрастает. Количество вторичных электронов и ионов в лампе становится настолько большим, что сопротивление лампы резко уменьшается, а ток через нее возрастает и скачком достигает значения $I_{\text{зж}}$. Вольт - амперная характеристика неоновой лампы приведена на рис. 2. При дальнейшем увеличении напряжения ток плавно увеличивается по кривой ab (рис. 2).

Наряду с процессом ионизации атомов неона происходит и обратный процесс – рекомбинация. При рекомбинации электроны и положительные ионы соединяются в нейтральные атомы, а энергия, которая высвобождается при этом, выделяется в виде фотонов – газ в лампе светится.

После зажигания неоновая лампа может гореть уже и при более низком напряжении.

Если уменьшать напряжение на «горящей лампе», то изменение тока происходит по другой кривой (bc на рис. 2). При напряжении, равном $U_{\text{зж}}$, лампа еще не гаснет. Продолжая уменьшать напряжение, можно увидеть, что лишь при некотором напряжении (**напряжении гашения** $U_{\text{гаш}}$), которое меньше, чем $U_{\text{зж}}$, лампа «гаснет», и ток скачком резко падет.

При таком напряжении в лампе исчезнут свободные носители заряда – электроны и ионы, сопротивление лампы снова возрастет до бесконечности, а ток через лампу упадет до нуля.

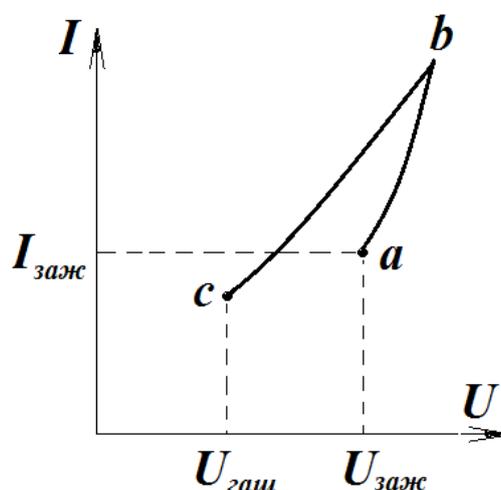


Рис. 2.

Релаксационный генератор

Рассмотрим действие релаксационного генератора, основной частью которого является неоновая лампа. Действие релаксационного генератора, основано на процессах зарядки и разрядки конденсатора.

При замыкании ключа K конденсатор C , параллельно которому присоединяется неоновая лампа L , заряжается от источника тока через большое сопротивление R (рис. 3.) Если бы в цепи не было неоновой лампы, то напряжение на конденсаторе U_C увеличивалось бы с

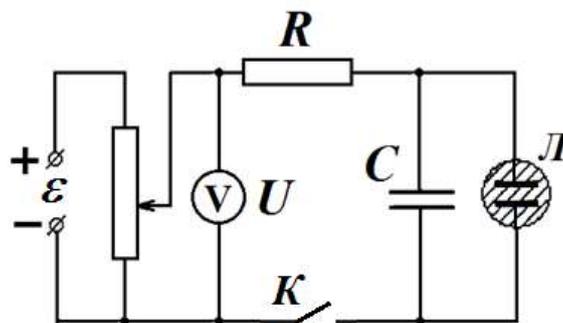


Рис. 3.

течением времени согласно пунктирной кривой на рис 4. и асимптотически стреми-лось бы к ЭДС источника ε по закону

$$U_C = \varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right). \quad (1)$$

Поскольку напряжение на лампе равняется напряжению на конденсаторе, то напряжение на лампе будет также возрастать.

В момент, когда напряжение на конденсаторе достигает значения $U_{\text{заж}}$, лампа

зажигается, ее электрическое сопротивление резко уменьшается и через нее идет ток. При этом происходит быстрый разряд конденсатора по закону убывающей экспоненты:

$$U_C = U_{\text{заж}} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2)$$

Когда разность потенциалов на электродах лампы и, соответственно, на пластинах конденсатора упадет до значения $U_{\text{гаш}}$, лампа погаснет. ее сопротивление станет очень большим и конденсатор снова

начнет заряжаться от источника тока. Процесс этот будет периодически повторяться, лампа будет периодически вспыхивать через определенные промежутки времени.

Отдельно доказывается, что период колебаний приблизительно равен

$$T = t_{\text{зар}} + t_{\text{разр}} = RC \ln \frac{\varepsilon - U_{\text{гаш}}}{\varepsilon - U_{\text{заж}}}. \quad (3)$$

Описание установки.

Электрическая схема установки собрана в модуле ФПЭ-14 (рис 5). Она состоит из магазинов сопротивлений (МС) и емкостей (МЕ), кассеты ФПЭ-12 с вмонтированными в нее элементами схемы, источника питания (ИП) электронного осциллографа (РО), звукового генератора (РQ), и цифрового амперметра (РА).

При отжатой кнопке «режим» модуля ФПЭ-12 реализуется схема получения вольтамперной характеристики газоразрядной лампы (рис.1.).

При нажатой кнопке «режим» получается схема генератора релаксационных колебаний (см. рис. 3). Магазины емкостей

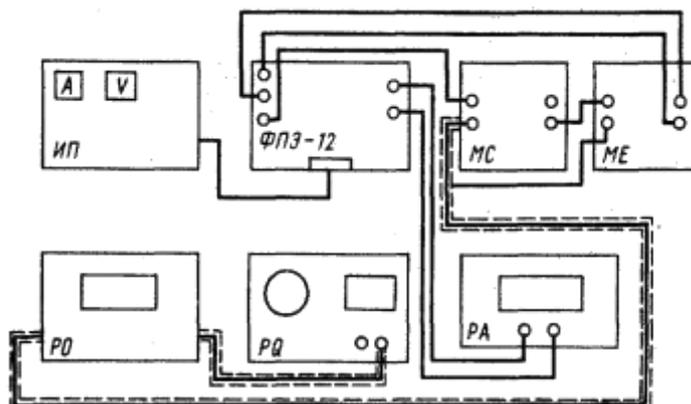


Рис. 5

(МЕ) и сопротивлений (МС) выполняют роль емкости C и сопротивления R генератора.

Порядок выполнения работы.

Задание 1. Снятие вольтамперной характеристики газоразрядной лампы.

1. Подготовить прибор к работе. Установить сопротивление $R = 1 \text{ МОм}$ магазина сопротивлений МС и емкость $C = 3 \text{ мкФ}$ магазина емкостей МЕ.

Кнопку «режим» модуля ФПЭ-12 отжать. Ручку регулировки напряжения 120 В источника питания ИП установить в крайнее левое положение. Измерительный прибор РА подготовить к работе в режиме, обеспечивающем измерение силы тока до 10 мА.

2. Включить лабораторный стенд, источник питания ИП и измерительный прибор РА.

3. Ручкой регулировки напряжения источника питания изменять напряжение от 40 до 120 В с шагом 5 В и измерять силу тока I прям. Записать во вторую строку таблицы I значения силы тока.

Таблица 1.

U, В	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
I прям mA																	
I об- рат mA																	

4. Уменьшая напряжение от 120 до 40 В, замерить силу тока I обр. Результаты занести в третью строчку таблицы 1.

5. Определить **напряжение зажигания и гашения** лампы. Для этого выбрать из таблицы I интервал напряжений, в котором лампа зажглась (погасла). В выбранном интервале, постепенно увеличивая (уменьшая) напряжение с шагом 1-2 В, зафиксировать такое напряжение, при котором ток в лампе скачком увеличится от нуля до конечной величины (либо уменьшится до нуля). Это и будет напряжение зажигания (гашения).

6. Выключить измерительный прибор.

7. Построить график зависимости тока I от напряжения U .

Задание 2. Изучение работы генератора релаксационных колебаний

1. Подготовить прибор к работе. Нажать на кнопку «режим» модуля ФПЭ-12. Ручку регулирования выходного напряжения 120 В на источнике питания установить в крайнее левое положение. Осциллограф подготовить к работе в режиме измерения длительности сигнала.

2. Включить лабораторный стенд, источник питания и осциллограф. Установить ручкой регулировки напряжения источника питания $\varepsilon = 110 \text{ В}$, которое в дальнейшем поддерживается постоянным. Усиление по оси Y осциллографа установить таким, чтобы можно было наблюдать сигнал генератора релаксационных колебаний. Включить генератор развертки осциллографа и установить такую частоту развертки, чтобы на экране были видны одно-два релаксационных колебания.

3. Измерить период релаксационных колебаний с экрана осциллографа в режиме линейной развертки. Зарисовать с экрана осциллографа вид кривых.

4. Определить период при других сопротивлениях R и емкостях C (см. Задание 1, п.1).

5. Рассчитать период релаксационных колебаний по формуле (3) и сравнить с полученным на опыте.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит электропроводность газов?
2. Объясните вольт-амперную характеристику газонаполненной лампы.?
3. Как определить напряжение зажигания и гашения?
4. Как работает генератор релаксационных колебаний?
5. Как меняется напряжение на конденсаторе генератора релаксационных колебаний?
6. Как определяется период релаксационных колебаний?
7. Как зависит период релаксационных колебаний от напряжения на лампе, от величины RC ?

Литература

1. Кучерук I.M., Горбачук I.T., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.:Техніка, 2001. – Т.2. – с. 401.
2. Калашников С.Г. – Электричество. – М.:Наука, 1985, §§ 74, 166, 170, 216.

Составили И.П.Гаркуша, А.С.Зайцев