

Самарский Государственный Аэрокосмический
Университет имени академика С.П.Королева

КАФЕДРА ФИЗИКИ

Изучение работы тиратрона.

Лабораторная работа
N 2-18.

Самара
1995

Лабораторная работа содержит:
краткое введение, знакомящее студентов с физическими процессами протекания тока через вакуум; описание экспериментальной установки; указание о порядке выполнения практической части работы, включая обработку полученных результатов; контрольные вопросы и перечень рекомендуемой литературы.

Лабораторные работы выполняются студентами всех факультетов дневного и вечернего отделений.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ТИРАТРОНА

Цель работы: ознакомление с основными характеристиками тиратрона.

Приборы и инструменты: панель, на которой установлены тиратрон и резисторы, вольтметры, блок питания.

Теоретическое содержание работы

Явление прохождения электрического тока через газы называется электрическим разрядом.

Пусть к электродам К и А, которые находятся в баллоне с газом, приложено напряжение U (рис.5). Для указанной на чертеже полярности электрод К называется катодом, а электрод А - анодом. При нормальных условиях газы электронейтральны, в газах нет свободных электронов и ионов, как, например, в металлах и электролитах. Поэтому для существования разряда необходимо наличие процессов, приводящих к образованию носителей тока.

Основными видами таких процессов являются:

Ионизация молекул газа внешними ионизаторами (космические лучи, электромагнитное излучение, γ -лучи).

"Впрыскивание" в разрядный промежуток электронов из катода в результате термоэлектронной эмиссии, холодной эмиссии, фотоэффекта.

"Размножение" электронов непосредственно в разрядном промежутке. Этот процесс может быть представлен следующим образом: электроны под действием электрического поля на длине свободного пробега приобретают энергию, достаточную, чтобы вызвать ионизацию молекул газа при очередном акте соударения. Образовавшийся электрон принимает участие в дальнейшем размножении, которое, таким образом, имеет лавинный характер.

Соударения электронов с анодом и ионов с катодом, вызывают при достаточной энергии ионов и электронов вторичную эмиссию.

Конкурирующими процессами, приводящими к исчезновению носителей тока, являются:

Переход электронов на анод. Эти электроны образуют анодный ток во внешней цепи разрядной трубки.

Рекомбинация на электродах и стенках разрядного промежутка.

Рекомбинация непосредственно в разрядном промежутке.

В стационарном состоянии, когда разряд установился и его электрические параметры не меняются со временем, в каждой элементарной области газового промежутка должно соблюдаться равновесие указанных выше процессов.

Интенсивность и сочетание различных способов образования и рекомбинации носителей тока обуславливает большое разнообразие газовых разрядов и является основой для их классификации. Прежде всего разряды можно разделить на две группы:

Несамостоятельные разряды. Для них размножение электронов не компенсирует потерь за счет рекомбинации. Дополнительное поступление электронов в разрядный промежуток возможно за счет следующих процессов:

- а) действие внешнего ионизатора;
- б) термоэлектронная эмиссия из катода, нагреваемого посторонним источником тока.

Эти процессы могут иметь место как одновременно, так и порознь.

Самостоятельные разряды. Для них потери электронов за счет рекомбинации компенсируются размножением в разрядном промежутке, а также поступлением электронов из катода за счет эмиссионных явлений. Эмиссия вызывается, в конечном итоге тем же электрическим полем, которое обуславливает ток через разрядный промежуток.

Разряды можно классифицировать на основе формы и относительного расположения участков вольт-амперной характеристики, т.е. зависимости тока разряда от напряжения между катодом и анодом.

Описание экспериментальной установки.

Схема установки для получения вольтамперной характеристики показана на рис.1.

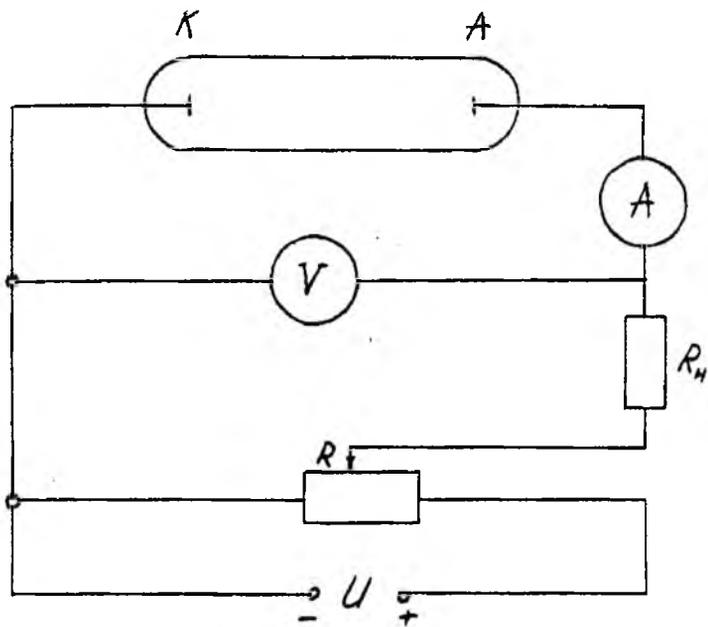


Рис. 1.

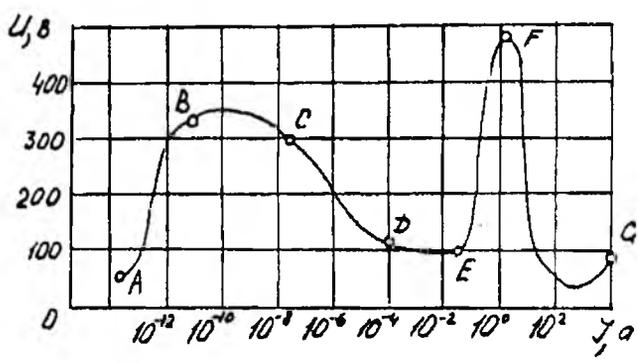


Рис. 2

Здесь R_n - резистор, включенный последовательно с разрядным промежутком. Он называется нагрузочным резистором и в то же время играет роль ограничителя разрядного тока. Потенциометр R позволяет изменять напряжение, подаваемое на разрядный промежуток. Ток и напряжение разряда определяются с помощью амперметра A и вольтметра V .

В качестве примера рассмотрим вольтамперную характеристику разряда с холодным катодом (рис.2), характерные участки которой позволяют классифицировать разряды следующим образом:

- О - А - несамостоятельный тихий разряд,
- А - В - несамостоятельный лавинный разряд,
- В - С - самостоятельный тихий (темный) разряд,
- С - D - переходная область,
- D - Е - нормальный тлеющий разряд,
- Е - F - аномальный тлеющий разряд,
- F - G - дуговой разряд.

Как видно из графика, характеристика каждого вида разряда существенно нелинейная. Это свойство разрядов и используется при создании газоразрядных приборов, которые применяются в электронных схемах для генерирования, детектирования, модуляции сигналов.

Примером газоразрядных приборов с холодным катодом являются:

- а) неоновые лампы - двухэлектродные приборы, работающие в режиме аномального тлеющего разряда;
- б) стабилитроны - двухэлектродные приборы, работающие в режиме нормального тлеющего разряда. Для стабилитронов характерно постоянство напряжения при изменении силы тока (рис.2, участок D - E).

Кроме приборов с холодным катодом широкое применение нашли приборы с катодом, нагреваемым внешним источником тока. Примером такого прибора является газотрон - неуправляемый ионный вентиль с несамостоятельным дуговым разрядом в газе или парах ртути.

Вольтамперная характеристика газотрона приведена на рис.3.

Рассмотрим процессы, определяющие отдельные участки характеристики.

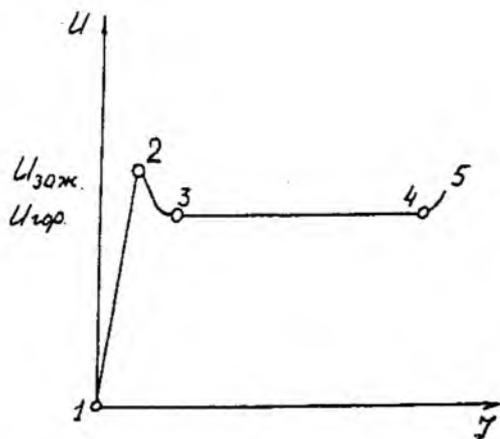


Рис. 3

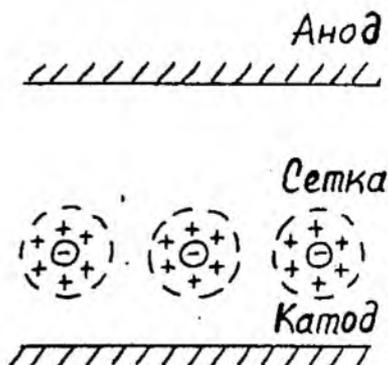


Рис. 4

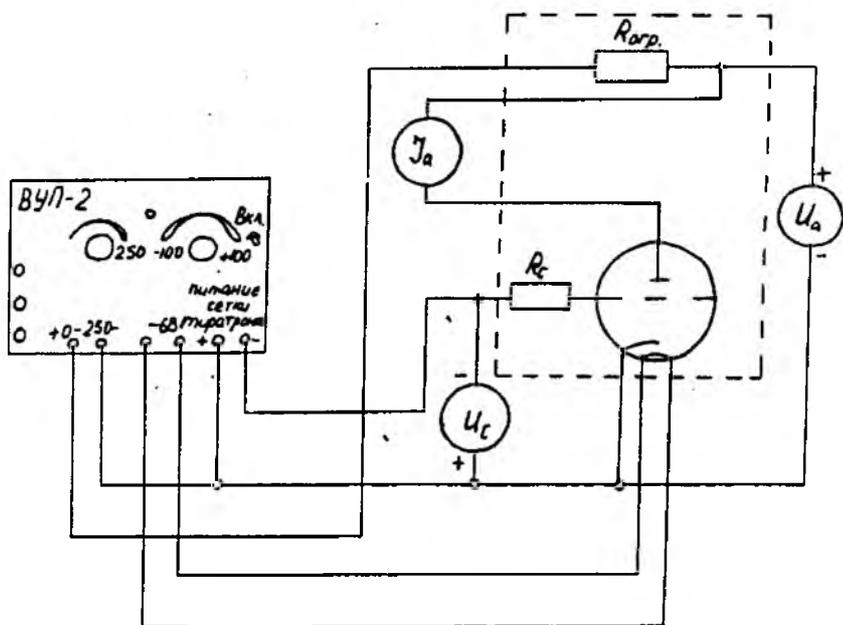


Рис. 5

При небольших анодных напряжениях (участок 1 - 2 характеристики) сила тока медленно увеличивается с увеличением напряжения. Это объясняется тем, что при малых значениях U_a не все электроны, испускаемые катодом достигают анода. Часть электронов образует между катодом и анодом электронное облако (пространственный заряд), поле которого препятствует движению к аноду вновь вылетающих из катода электронов. При этом взаимодействие электронов с атомами газа носит характер упругих соударений. Следовательно, на участке 1 - 2 ток через лампу - чисто электронный, ограниченный пространственными зарядами.

С увеличением анодного напряжения увеличивается и скорость электронов. При некотором значении напряжения $U=U_{зж}$ в газотроне устанавливается дуговой несамостоятельный разряд. Процесс перехода к дуговому разряду называется зажиганием газотрона, а соответствующее значение напряжения между электродами - потенциалом зажигания $U_{зж}$. После зажигания увеличивается падение напряжения на ограничительном резисторе, что приводит к уменьшению напряжения на газотроне (участок 2 - 3 характеристики).

Особенностью участка 3 - 4 является постоянство анодного напряжения при увеличении силы тока. Здесь происходит постепенное исчезновение отрицательного пространственного заряда, заканчивающееся в конце участка (точка 4). Дальнейшее увеличение напряжения вызывает усиленное разрушение катода и выход газотрона из строя (участок 4 - 5).

Тиратрон отличается от газотрона тем, что у него имеется один или два дополнительных электрода, позволяющие путем изменения потенциала на них управлять моментом зажигания. Дополнительный электрод называется управляющей сеткой.

Пусть на анод тиратрона подан некоторый потенциал U_a , положительный относительно катода, а на сетку - потенциал U_c , отрицательный относительно катода. При больших отрицательных потенциалах на сетке электрическое поле препятствует движению электронов к аноду. Ионизация газа при этом мала, а анодный ток практически равен нулю.

С увеличением отрицательного потенциала на сетке ионизация усиливается, и при некотором значении U_c в тиратроне возникает дуговой разряд.

Процессы, происходящие в тиратроне, аналогичны процессам в газотроне. После зажигания тиратрона положительные ионы, притягиваемые отрицательно заряженной сеткой, образуют вокруг нее экранирующий "чехол" (рис.4). Вследствие этого сетка теряет свои управляющие свойства, т.е. ток, протекающий через тиратрон после зажигания, уже не зависит от потенциала сетки.

Важной характеристикой тиратрона является его пусковая характеристика, выражающая зависимость минимальных значений анодного и сеточного напряжения, при которых происходит зажигание тиратрона.

По выполняемым функциям тиратрон подобен одно-стороннему реле.

Порядок выполнения работы

Упражнение I. Определение пусковой характеристики тиратрона

1. Собрать схему согласно рис.5.
2. Ручки регулировок анодного и сеточного напряжений поставить в положения, при которых выходные напряжения равны нулю.
3. Включить блок питания. После прогрева лампы в течении 1-2 мин. можно приступить к измерениям.
4. Установить наибольшее сеточное напряжение.
5. Постепенно увеличивая анодное напряжение, определить потенциал зажигания U_a заж. В момент зажигания анодное напряжение резко уменьшится.
6. Уменьшить анодное напряжение до нуля.
7. Измерения провести для значений U_c от max до 0 через 2В.
8. Данные измерений занести в табл. I.
9. Построить графики зависимости U_a заж от U_c .

Таблица 1

Определение пусковой характеристики тиратрона

Показания сеточного вольтметра $U_c, В$	
Показания анодного вольтметра U_a заж, В	

Упражнение 2. Определение вольтамперной характеристики тиратрона (схема установки та же, что и в упр.1).

1. Из пусковой характеристики тиратрона выбрать два значения U_c .

2. Ручку регулировки анодного напряжения поставить в положение, при котором выходное напряжение равно нулю.

3. Установить сеточное напряжение, равное одному из выбранных значений.

4. Увеличивая анодное напряжение от 0 до максимального значения, определить характерные точки вольтамперной характеристики (рис.3, точки 2, 3, 4).

5. Измерения провести для второго значения сеточного напряжения.

6. Данные измерений для каждого значения сеточного напряжения оформить в виде таблицы 2.

7. Построить графики зависимости I_a от U_a при выбранных значениях U_c .

Таблица 2

Определение вольтамперной характеристики тиратрона

Показания сеточного вольтметра	$U_c, В = \dots$
Показания анодного вольтметра, $U_a, В$	Показания амперметра I_a, mA

Упражнение 3. Определение сеточной характеристики тиратрона (схема установки та же, что и в упр.1)

1. Из пусковой характеристики выбрать два значения U_a .

2. Установить наибольшее сеточное напряжение U_c .
3. Установить U_a равным одному из выбранных значений U_a .
4. Изменяя U_c от максимального значения до нуля с шагом $2B$, определить I_a для каждого значения U_c .
5. Измерения провести для второго значения U_a .
6. Данные измерений для каждого значения анодного напряжения оформить в виде таблицы 3.
7. Построить графики зависимости I_a от U_c при выбранных двух значений U_a .

Таблица 3
Определение сеточной характеристики тиратрона

Показания анодного вольтметра		$U_a, B = \dots$
Показания сеточного вольтметра, U_a, B	Показания амперметра I_a, mA	

Контрольные вопросы

1. Какие процессы приводят к образованию носителей заряда в газоразрядных приборах?
2. Какова роль сетки в тиратроне до зажигания разряда? После зажигания?
3. Какой вид имеет вольтамперная характеристика тиратрона?
4. Какие процессы обуславливают различный характер зависимости тока от напряжения на отдельных участках характеристики?
5. Какую зависимость выражает пусковая характеристика тиратрона?

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2.М.: Наука, 1978, гл. XII, §§ 80, 83, 84, 85, 86.