

СТАУ:5
И.3.95

Фонд РИ

Самарский Государственный Аэрокосмический
Университет имени академика С.П.Королева

КАФЕДРА ФИЗИКИ

Изучение работы электронной лампы.

Лабораторная работа
N 2-14.

Самарский Государственный
аэрокосмический университет
№ 635406
Научно-техническая
библиотека

Самара
1995

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ

Цель работы: определение семейств анодных и сеточных характеристик триода, определение статистических параметров триода.

Приборы и материалы: панель с электронной лампой, вольтметры, миллиамперметр, блок питания.

Теоретическое содержание работы

Электронная лампа представляет собой откачанный баллон, в котором находится система электродов: катод, являющийся источником электронов, анод и управляющие электроды, называемые сетками. Катод нагревается электронным источником тока, вследствие чего электроны материала катода могут преодолеть потенциальный барьер на внешней границе катода и выйти в вакуум. Это явление называется термоэлектронной эмиссией.

Наименьшая энергия, которую необходимо сообщить электрону, чтобы удалить его из твердого тела (например катода) в вакуум, называется работой выхода для большинства материалов составляет несколько электронвольт (эВ).

Рассмотрим физические процессы, происходящие в лампе с тремя электродами (катод, анод и сетка). Такая лампа называется триодом.

Сетка находится близко от катода, поэтому даже при незначительном изменении потенциала сетки наблюдается сильное влияние ее поля на прикатодную область, что позволяет эффективно управлять анодным током.

На рис. I представлены силовые линии и эквипотенциальные поверхности поля (пунктир) между анодом и катодом при различных потенциалах сетки относительно катода. При большом отрицательном потенциале сетки электроны не могут преодолевать тормозящее поле, анодный ток равен нулю (рис. I, а). При большом положительном потенциале сетки поле ускоряет электроны, появляется сеточный ток из числа электронов, перехватываемых сеткой (рис. I, б). Анодный ток резко возрастает.

Если напряжения на электродах лампы постоянны, то режим работы называется статическим. Для нахождения статических параметров триода воспользуемся функциональным уравнением вольтамперной характеристики триода :

$$I_a = f(U_a, U_c)$$

Где I_a - анодный ток, U_a - анодное напряжение, U_c - сеточное напряжение.

Полный дифференциал анодного тока можно записать следующим образом:

$$\partial I_a = \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_c} \right)_{U_a} \cdot \partial U_c + \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_a} \right)_{U_c} \cdot \partial U_a \quad (1)$$

Если бесконечно малые приращения токов и напряжений заменить конечными и потребовать, чтобы совместное изменение U_c и U_a (по абсолютной величине) не изменяло ток, т.е., чтобы $\Delta I_a = 0$, то из выражения (1) получим

$$- \frac{\partial U_a}{\partial U_c} = \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_c} \right)_{U_a} \cdot \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right)_{U_c} \quad (2)$$

Знак минус в формуле (2) показывает, что поставленное условие $\Delta I_a = 0$ будет выполнено, если приращения U_a и U_c будут противоположны по знаку. Частные производные в уравнении (1) называются статическими параметрами триода.

Величина S , определяемая формулой

$$S = \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_c} \right)_{U_a} \cdot \frac{mA}{B}, \text{ при } U_a = \text{const}, \quad (3)$$

называется крутизной анодно-сеточной характеристики триода.

Крутизна показывает величину изменения анодного тока при изменении сеточного напряжения на один вольт при постоянном напряжении анода.

Величина R_i , определяемая формулой

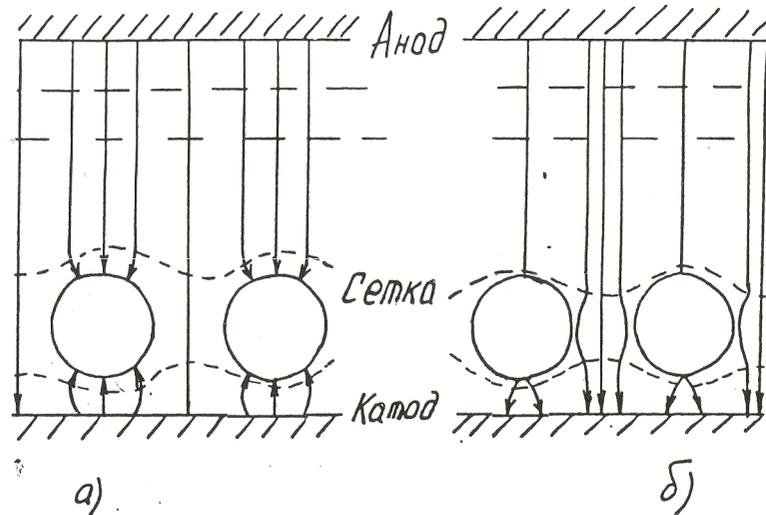


Рис. 1

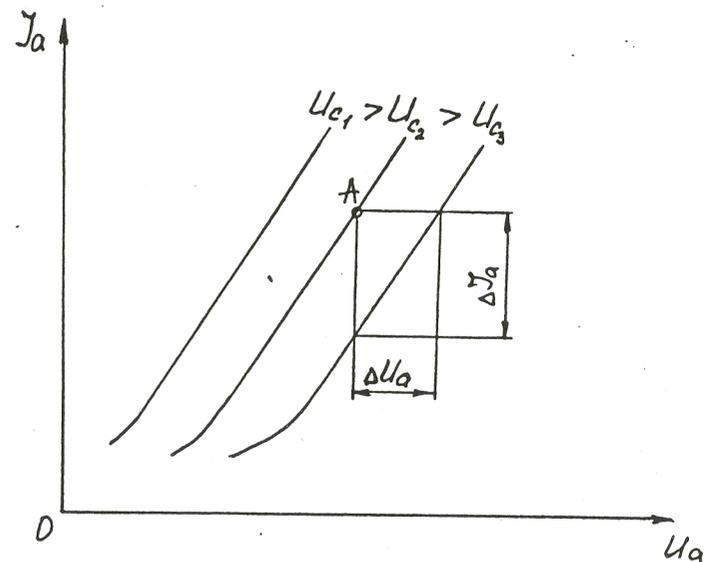


Рис. 2

$$R_i = \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right), \text{кОм при } U_c = \text{const}, \quad (4)$$

называется внутренним сопротивлением триода. Оно характеризует сопротивление лампы при постоянном сеточном напряжении.

Величина, определяемая формулой

$$\mu = - \left(\frac{\partial U_a}{\partial U_c} \right) \text{ при } I_a = \text{const}, \quad (5)$$

называется статическим коэффициентом усиления. Он показывает, во сколько раз приращение анодного напряжения больше, чем равноценное по воздействию на анодный ток приращение напряжения сетки.

Подставляя зависимости (3), (4), (5) в выражение (2), получим внутреннее уравнение триода

$$\mu = S R_i \quad (6)$$

Для практического определения μ, S, R_i по характеристикам лампы обычно используются не дифференциальные выражения этих параметров, а приближенные формулы в конечных приращениях:

$$\mu = - \left(\frac{\partial U_a}{\partial U_c} \right) \text{ при } I_a = \text{const}, \quad (7)$$

$$S = \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_c} \right) \frac{\text{mA}}{\text{B}}, \text{ при } U_a = \text{const}, \quad (8)$$

$$R_i = \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right), \text{кОм при } U_c = \text{const}, \quad (9)$$

Если получена система анодных характеристик (рис.2), то для нахождения параметров лампы, например, в точке А, следует провести через эту точку прямые, параллельные осям координат.

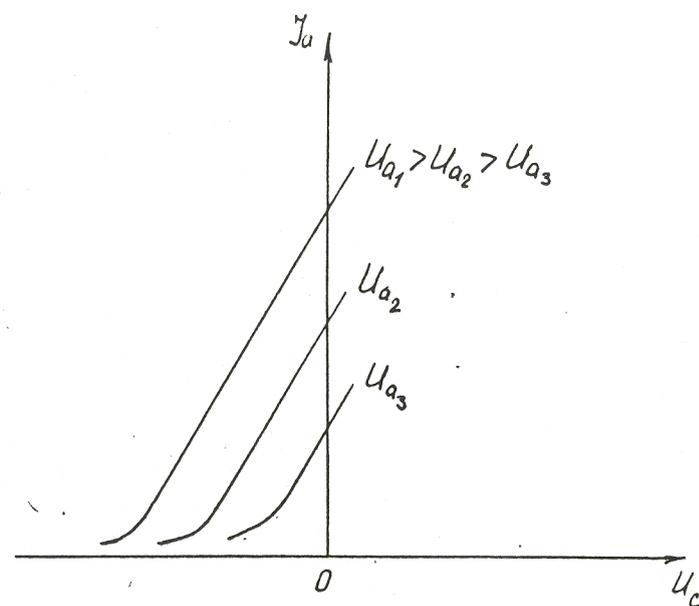


Рис. 3

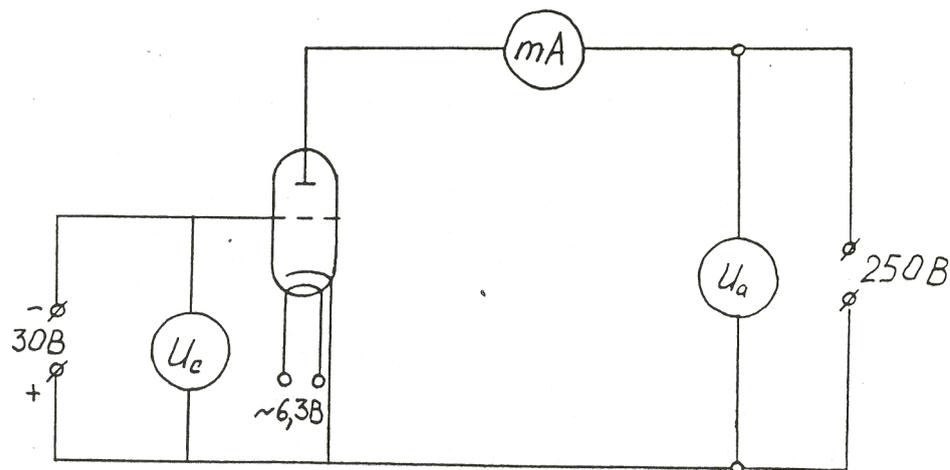


Рис. 4

После этого можно найти изменение тока ΔI_a , происходящее при изменении сеточного напряжения на $\Delta U_c = U_{c2} - U_{c3}$, а затем вычислить крутизну по формуле (8).

Аналогично находится изменение анодного напряжения ΔU_a , происходящее при изменении сеточного напряжения на $\Delta U_c = U_{c3} - U_{c2}$, после чего коэффициент усиления определяется по формуле (7).

Внутреннее сопротивление лампы определяется котангенсом угла наклона характеристики в точке А. Численное значение внутреннего сопротивления вычисляется по формуле (9) с использованием найденных значений ΔI_a и ΔU_a .

Следует отметить, что параметры триода могут быть найдены аналогичным образом из семейства анодно-сеточных характеристик, которые представляют собой зависимости вида:

$$I_a = f(U_c)$$

полученные при нескольких значениях анодного напряжения (рис.3).

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему согласно рис.4. Анодный ток, потенциал анода и потенциал сетки определяется методом прямых измерений. Анодный ток измеряется амперметром mA, потенциал сетки - вольтметром U_c , потенциал анода измеряется вольтметром U_a .

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 минут можно приступить к измерениям.

Упражнение 1. Определение выходных (анодных) характеристик триода.

4. Для трех различных примерно равноотстоящих потенциалов сетки, выбранных в пределах 0..7В, определить зависимость анодного тока от потенциала анода (не менее 10 точек).

Результаты измерений для каждого потенциала сетки занести в таблицы 1.

Таблица 1.

Определение анодно-сеточных характеристик триода

| N изм | Потенциал сетки $U_c, B = \dots$ | | | |
|----------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| | Предел измерений вольтметра U_a, B | Показания вольтметра U_a, B | Предел измерений амперметра I, mA | Показания амперметра I, mA |
| | | | | |

5. Для трех различных, примерно равноотстоящих потенциалов анода, выбранных в пределах 100..250 В, определить зависимость анодного тока от потенциала сетки (не менее 10 точек для каждой кривой). При измерениях потенциал анода поддерживать постоянным. Результаты измерений для каждого потенциала анода занести в таблицы 2.

Таблица 2.

Определение зависимости анодного тока от потенциала сетки.

| N Изм | Потенциал анода $U_a, B = \dots$ | |
|----------|----------------------------------|--------------------------------|
| | Показания вольтметра U_a, B | Показания амперметра I_a, mA |
| | | |

Обработка результатов измерений.

1. По данным таблиц 1 и 2 на двух листах миллиметровой бумаги построить семейства анодных и сеточных характеристик.

2. Определить два набора статических характеристик триода, используя прямолинейные участки анодных и сеточных характеристик, рассчитанные по формулам (7), (8), (9) занести в таблицу 3. Сравнить соответствующие значения характеристик.

Таблица 3.

Статические характеристики триода.

| | Крутизна $S, \text{mA/V}$ | Внутреннее сопротивление R_i, Om | Статический коэфф. усиления μ |
|----------------------------------|------------------------------|---|---|
| По анодным кривым | | | |
| По анодно- сеточным кривым | | | |

3. Проверить выполнение внутреннего уравнения периода.

4. Оценить погрешности результатов измерений.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение величины: работа выхода электрона.

2. Укажите назначение сетки в триоде.

3. Дайте определение величин: статический коэффициент, крутизна анодно-сеточной характеристики, внутреннее сопротивление триода.

4. Определите статические параметры триода по семейству анодных характеристик.

5. Определите статические параметры триода по семейству сеточных характеристик.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики.

Т.3.М.:Наука, 1979, гл. IX, §§ 60, 61.

Зак № 422