

Глава 3. ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

3.1. ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМЫЕ ЛАМПЫ

Электривакуумными приборами (ЭВП) называют устройства, в которых электрический ток создается потоком электронов или ионов, движущихся в высоком вакууме или инертной газовой среде. ЭВП подразделяются на электронно-управляемые лампы (ЭУЛ), электронно-лучевые трубки (ЭЛТ), газоразрядные приборы (ГРП) и фотоэлектрические (фотоэлектронные) приборы.

В ЭУЛ электрический ток создается за счет движения в высоком вакууме (давление газа составляет всего $1,33 \cdot 10^{-5} \dots 10^{-6}$ Па ($10^{-7} \dots 10^{-8}$ мм рт. ст.)) электронов от одного электрода к другим. Простейшей ЭУЛ является диод.

Диод. В диоде содержится всего два электрода: катод и анод. Катод является источником свободных электронов. Для выхода электронов из катода им необходимо сообщить дополнительную энергию, называемую работой выхода. Эту энергию электроны получают при нагревании катода электрическим током. Испускание нагретым катодом электронов называют термоэлектронной эмиссией.

Отрицательный пространственный заряд, образованный вылетевшими из катода электронами, создает у его поверхности электрическое поле, которое препятствует выходу электронов из катода, образуя на их пути потенциальный барьер.

На анод подается положительное относительно катода напряжение, которое уменьшает потенциальный барьер у поверхности катода. Электроны, энергия которых достаточна для преодоления потенциального барьера, ух-

дят из области пространственного заряда, попадают в ускоряющее электрическое поле анодного напряжения и движутся к аноду, создавая анодный ток. С увеличением анодного напряжения увеличивается и анодный ток диода.

При отрицательном анодном напряжении потенциальный барьер у поверхности катода увеличивается, энергия электронов оказывается недостаточной для его преодоления, и ток через диод не протекает. В этом заключается важная особенность диода — его односторонняя электрическая проводимость.

На рис. 3.1 показаны условные обозначения диодов и схемы их подключения к источнику анодного напряжения.

Триод. В отличие от диода триод имеет три электрода: катод, анод и сетку (рис. 3.2, а, б). Сетка располагается

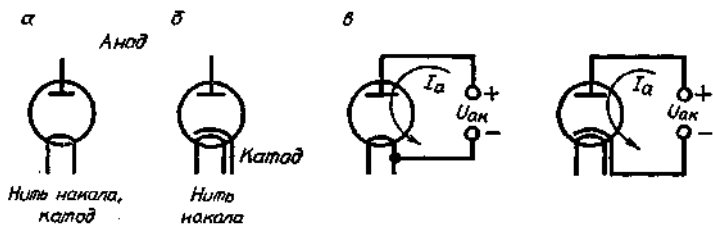


Рис. 3.1. Условные обозначения диодов с катодом прямого (а) и косвенного (б) накала и схемы подключения диодов к источнику анодного напряжения (в)

между катодом и анодом в непосредственной близости от катода. Если на сетку подать отрицательное напряжение (рис. 3.2, в), то потенциальный барьер у катода увеличится, а анодный ток уменьшится. При некотором отрицательном напряжении сетки, называемом напряжением запираения $U_{ск\ зап}$, анодный ток уменьшится до нуля. Если же на сетку подать положительное напряжение (рис. 3.2, г), то образованное им электрическое поле между катодом и сеткой приведет к уменьшению потенциального барьера и увеличению анодного тока.

Ввиду того что сетка расположена к катоду ближе, чем анод, поданное на нее напряжение влияет на потенциальный барьер и анодный ток триода значительно сильнее, чем такое же по значению анодное напряжение. Поэтому в триоде управление анодным током осуществляют изменением сеточного напряжения, а не анодного.

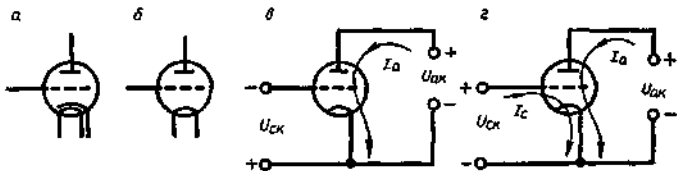


Рис. 3.2. Условные обозначения триодов (а, б) и схемы их подключения к источникам анодного и сеточного напряжения (в, з)

Основными характеристиками триода являются семейства статических анодно-сеточных (передаточных) характеристик $I_a = f(U_{ск})$, снятых при различных анодных напряжениях $U_{ак}$ (рис. 3.3, а), и анодных (выходных) характеристик $I_a = f(U_{ак})$, снятых при различных напряжениях сетки (рис. 3.3, б).

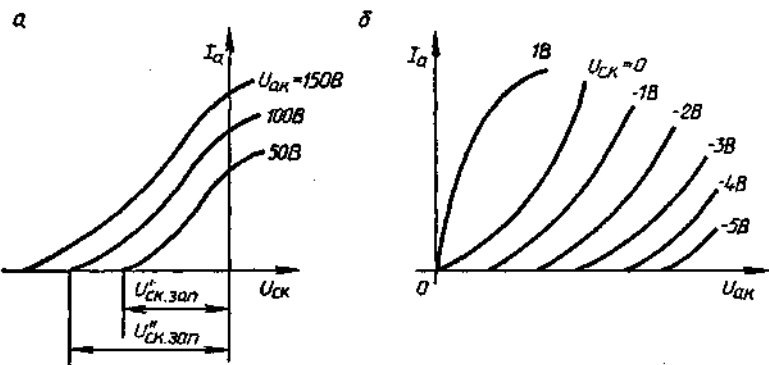


Рис. 3.3. Статические характеристики триода

Недостатками триода являются большая проходная емкость (емкость между сеткой и анодом) и малый статический коэффициент усиления. Эти недостатки устраняются введением в ЭУЛ второй сетки.

Тетрод. Это четырехэлектродная электронно-управляемая лампа, содержащая катод, анод и две сетки (рис. 3.4, а). Первая сетка, расположенная вблизи катода, используется, как и в триоде, для управления анодным током и называется управляющей. Вторая сетка, располагаемая между первой сеткой и анодом, является своеобразным экраном между этими электродами. В результате экранирующего действия второй сетки значительно уменьшается проходная емкость лампы и влияние анодного напряжения на потенциальный барьер у по-

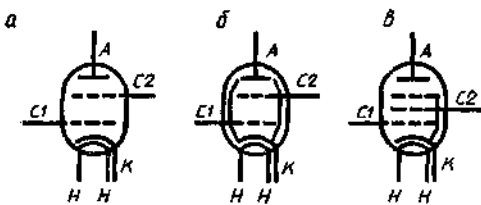


Рис. 3.4. Условные обозначения тетрода (а), лучевого тетрода (б) и пентода (в)

верхности катода. Поэтому для создания направленного движения электронов от катода к аноду на вторую сетку, называемую экранирующей, подают положительное напряжение U_{C2K} , которое равно или несколько меньше, чем анодное. При этом часть электронов попадает на экранирующую сетку и создает ток I_{C2} этой Сетки.

Электроны, попадающие на анод, выбивают из него вторичные электроны. При $U_{aK} < U_{c2K}$ (а такие случаи имеют место при работе тетрода) вторичные электроны притягиваются экранирующей сеткой, что приводит к увеличению тока экранирующей сетки и уменьшению анодного тока. Это явление называют динаatronным эффектом. Для устранения динаatronного эффекта, ограничивающего рабочую область ЭУЛ, между анодом и экранирующей сеткой создают потенциальный барьер для вторичных электронов. Такой барьер образуется при увеличении плотности электронного потока за счет его фокусировки в лучевых тетрадах (рис. 3.4, б) или при введении между экранирующей сеткой и анодом третьей сетки, имеющей, как правило, нулевой потенциал.

Пентод. Пятиэлектродную ЭУЛ называют пентодом (рис. 3.4, в). Нулевой потенциал третьей сетки, которая называется антидинаatronной или защитной, обеспечивается за счет электрического соединения ее с катодом.

Основными характеристиками тетродов и пентодов являются семейства статических анодных (выходных) $I_a = f(I_{aK})$ при $U_{c1K} = \text{const}$ и сеточно-анодных $I_{C2} = f\{U_{aK}\}$ при $U_{c1K} = \text{const}$ характеристик, которые снимаются при постоянном напряжении U_{cK} и строятся на одном графике (рис. 3.5).

Лампы, содержащие более трех сеток, называют многосеточными. В одном баллоне может располагаться не одна электродная система, а две и более. Такие ЭУЛ называются комбинированными (двойные

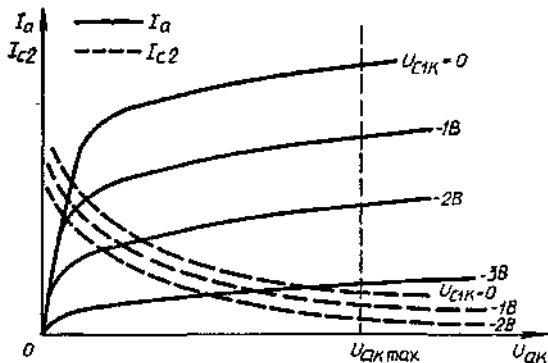


Рис. 3.5. Статические характеристики тетродов и пентодов

диоды, триоды, тетроды и пентоды; триод-пентоды и т. п.).

Параметрами, характеризующими усилительные свойства ЭУЛ, являются:

крутизна анодно-сеточной характеристики

$$S = \frac{dI_a}{dU_{ск}} \approx \frac{\Delta I_a}{\Delta U_{ск}} \text{ при } U_{ак} = \text{const};$$

внутреннее (дифференциальное) сопротивление

$$r_i = \frac{dU_{ак}}{dI_a} \approx \frac{\Delta U_{ак}}{\Delta I_a} \text{ при } U_{ск} = \text{const};$$

статический коэффициент усиления

$$\mu = - \frac{dU_{ак}}{dU_{ск}} \approx - \frac{\Delta U_{ак}}{\Delta U_{ск}} \text{ при } I_a = \text{const}.$$

Параметры S , r_i , μ , называемые *дифференциальными*, связаны между собой соотношением $\mu = S r_i$.