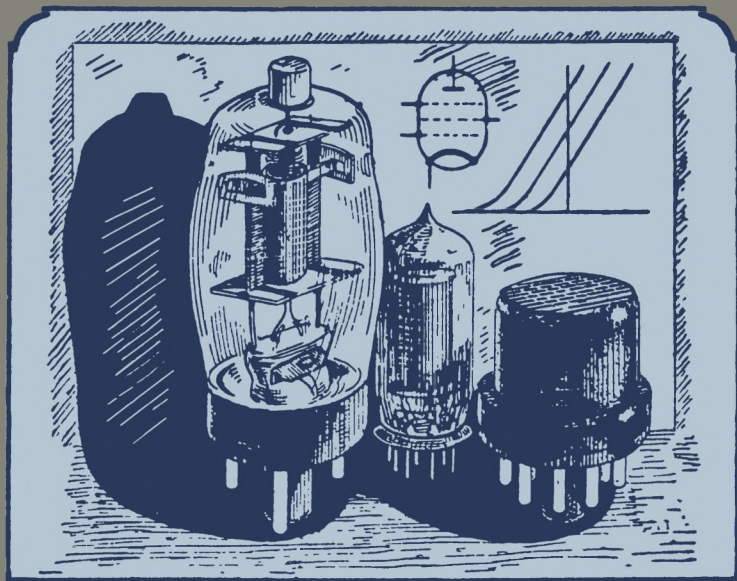


В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ



А.Х. ЯКОБСОН

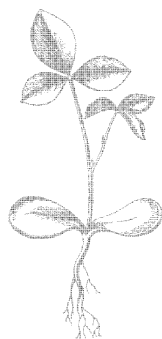
# РАДИОЛАМПА

С В Я З Ь И З Д А Т

1 9 5 1

А. Х. ЯКОВСОН

# РАДИОЛАМПА

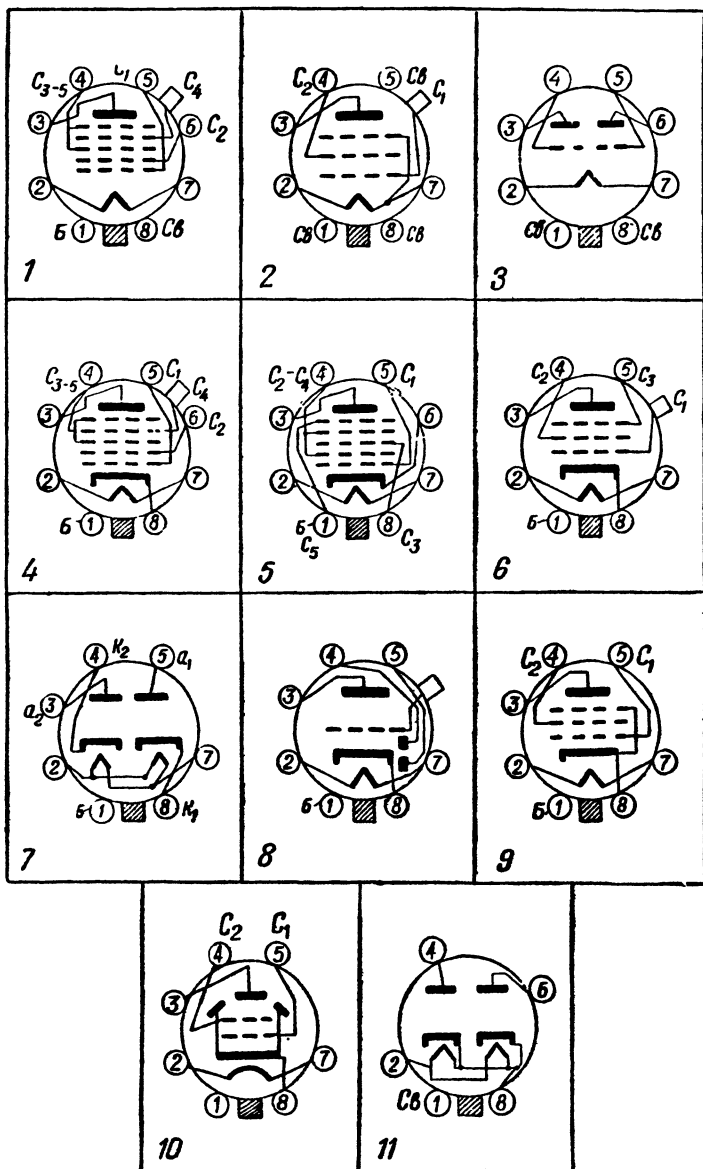


Scan AAW



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО ВОПРОСАМ СВЯЗИ И РАДИО  
МОСКВА 1951

# ЦОКОЛЁВКА ЛАМП





## ВВЕДЕНИЕ



**В**ЫДАЮЩУЮСЯ роль в деле политического и культурного роста советских людей, а также технического прогресса нашей Родины играет радио — это замечательное изобретение гениального русского учёного Александра Степановича Попова, работы которого легли в основу современной радиосвязи, радиолокации и радионавигации.

В числе других радиоустройств А. С. Попов создал первый в мире радиоприёмник, в котором применил прибор — когерер, позволяющий посредством очень небольшого количества энергии радиоволн управлять сравнительно большой величиной тока в цепи местного источника тока, подключённого к радиоприёмнику.

В ходе дальнейшего развития радиотехники когерер был заменён радиолампой — прибором более чувствительным, в котором величиной энергии, получаемой от источника тока, управляет ещё меньшая энергия.

Применение радиоламп обусловило бурное развитие и прогресс радиотехники. В настоящее время радиолампы используются в огромном числе различных приборов: радиопередатчиках, радиоприёмниках, телевизорах, устройствах дальней телефонной связи и звукового кино, устройствах для закалки стали, сушки древесины, медицинских аппаратах и т. п. В разработке теории и создании радиоламп огромную роль сыграли отечественные учёные. Первую радиолампу в России создал Н. Д. Папалекси в 1914 г. Однако массовое изготовление и применение радиоламп, а вместе с тем и широкое использование радио началось в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции.

Уже в 1918 г., в первые годы советской власти, несмотря на тяжёлые условия гражданской войны, по решению советского правительства была создана Нижегородская радиолaborатория, которая стала затем руководящим центром в области применения и развития радиотехники в нашей стране. В стенах этой лаборатории под руководством выдающегося советского учёного М. А. Бонч-Бруевича была разработана теория электронных ламп и было налажено их изготовление. Там же были созданы первые мощные радиопередатчики и другая радиоаппаратура.

После прекращения гражданской войны и изгнания интервентов в нашей стране началось быстрое развитие радиотехники. Наибольшие успехи в деле разработки, изготовления и внедрения

совершенных типов радиоламп были достигнуты за годы сталинских пятилеток.

Интерес к радиотехнике — этой широчайшей области использования радиоламп — в нашей стране очень велик. Многие десятки тысяч трудящихся различных возрастов и профессий являются радиолюбителями и активно участвуют в радиофикации наших сёл и городов. Они же помогают поддерживать в исправном состоянии огромное число радиоприёмников и других радиоустройств, расположенных в различных местах необъятной территории нашего Союза.

Перед советскими радиоспециалистами и радиолюбителями в настоящее время поставлена задача завершения в ближайшие годы сплошной радиофикации нашей страны. Для решения этой задачи, являющейся делом огромной политической важности, необходимо всемерно развивать радиолюбительское движение. Самим радиолюбителям необходимо повышать свои радиотехнические знания и эффективно использовать их в своей работе.

Эта брошюра ставит своей целью помочь начинающим радиолюбителям, знающим элементарную электротехнику, познакомиться с устройством и принципами действия радиолампы — важнейшего элемента радиоаппаратуры.





## ИСПУСКАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ НАКАЛЕННЫМИ ТЕЛАМИ



НОГИМ знакомо устройство электрической осветительной лампочки, которую у нас часто называют лампочкой Ильича, в честь великого создателя нашего государства и инициатора всеобщей электрификации страны — Владимира Ильича Ленина.

Эта лампочка представляет собой стеклянный баллон, в котором помещена тонкая проволоочная нить, накаливаемая электрическим током.

Раскалённая нить такой лампочки испускает в пространство не только свет и тепло, но и мельчайшие частички электричества — электроны. В осветительной лампочке используется только излучаемый ею свет, а электроны, вылетающие из нити, бесполезно блуждают в пространстве около неё. Зато в радиолампах, наоборот, используется не свет, излучаемый нитью, а вылетающие из неё электроны. Поэтому такие лампы называют электронными.

Чтобы лучше понять устройство и принцип действия электронной лампы, необходимо прежде всего вспомнить некоторые основные положения так называемой электронной теории строения вещества. Согласно этой теории все вещества в природе состоят из мельчайших частиц, называемых молекулами. В свою очередь молекулы состоят из атомов. А атомы состоят из ядер, вокруг которых непрерывно движутся электроны — мельчайшие частицы отрицательного электричества.

Ядра атомов содержат частицы положительного электричества, называемые протонами. Кроме того, в них находятся также нейтроны — частички, не обладающие электрическим зарядом. Электроны и протоны любого вещества имеют одинаковые по величине, но противоположные по знаку заряды, поэтому между ними существуют силы взаимного притяжения. Точно так же между одинаково заряженными частицами, например, электронами, существуют силы взаимного отталкивания.

В любом атоме число протонов в ядре равняется числу вращающихся вокруг него электронов, поэтому общий положительный заряд ядра атома равен сумме отрицательных зарядов его электронов.

Каждый электрон, вращаясь вокруг ядра атома, движется по своей орбите. При этом электроны не выходят за пределы некоторой сферы (иногда её называют электронной оболочкой),

а удерживаются внутри нее благодаря силам взаимного притяжения, существующими между электронами и протонами.

Электроны любого вещества одинаковы не только по своему электрическому заряду, но и по массе. Точно так же протоны и нейтроны различных веществ соответственно обладают одинаковыми свойствами.

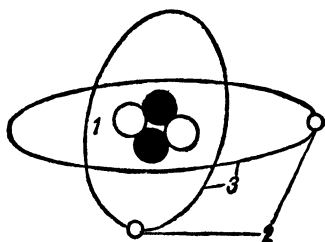


Рис. 1. Модель атома гелия:

1 — ядро атома, содержащее 2 протона и 2 нейтрона, 2 — электроны, 3 — траектории движения электронов

Однако в атомах различных веществ находится различное число электронов, протонов и нейтронов. Так, например, в атоме водорода содержится всего один электрон и один протон. В атоме гелия (рис. 1) два электрона, два протона и два нейтрона и т. д. Ввиду того, что в атоме находится одинаковое количество электронов и протонов, их электрические заряды взаимно компенсируют друг друга, и поэтому атом в целом является электрически нейтральным. При некоторых условиях атомы могут терять электроны. В этом случае их внутреннее

электрическое равновесие нарушается, и они становятся положительно заряженными. Такие атомы называют положительными ионами.

«Оторвавшиеся» от нейтральных атомов электроны, попадая в электронные оболочки соседних нейтральных атомов, также нарушают их электрическое равновесие. Эти атомы становятся отрицательно заряженными, поэтому их называют отрицательными ионами.

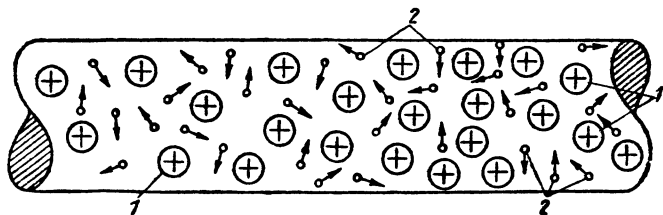


Рис. 2. Хаотическое движение полусвободных электронов в металле:

1 — ионы металла, 2 — полусвободные электроны (стрелками показано направление их движения)

В некоторых веществах, например, в металлах, часть наиболее отдаленных от ядер электронов слабо удерживается положительными зарядами ядер. Эти электроны легко «отрываются» от атома и затем беспорядочно перемещаются в межатомном пространстве из сферы действия одного атома в сферу действия соседних атомов. Такие электроны называются полусвободными. В обычном состоянии эти полусвободные электроны хаотически пе-

редвигаются внутри вещества, т. е. ведут себя подобно частичкам газа. Поэтому иногда говорят, что они образуют электронный газ (рис. 2). Однако при некоторых условиях внутри веществ, называемых проводниками, кроме хаотического движения, возникает также и упорядоченное движение полусвободных электронов (рис. 3). В этом случае передвигающиеся в некотором направлении электроны переносят свои электрические заряды или, как говорят, образуют электрический ток.

Электрический ток или упорядоченное движение электронов внутри проводника создаётся в том случае, если к его концам подсоединить источник электродвижущей силы (эдс), например, батарею или генератор.

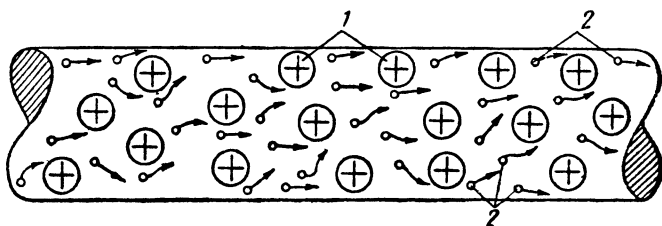


Рис. 3. Упорядоченное движение полусвободных электронов:  
1 — ионы металла, 2 — полусвободные электроны (стрелками показано направление их упорядоченного движения)

Как уже отмечалось, до тех пор, пока проводник не подключён к источнику эдс, полусвободные электроны хаотически двигаются внутри проводника. При этом положительные ионы, равномерно расположенные в пространстве внутри металла, не оказывают воздействия на электроны, так как каждый полусвободный электрон, находясь внутри металла, со всех сторон испытывает одинаковое притягивающее воздействие положительных ионов, поэтому общая сила, действующая на него, равна нулю. Каждый полусвободный электрон, кроме ионов, окружён также со всех сторон соседними полусвободными электронами, поэтому он испытывает одинаковое отталкивающее воздействие этих электронов, в результате общее их воздействие на него оказывается равным нулю.

Иное влияние испытывают электроны, двигающиеся в поверхностном слое металла. В этом случае благодаря тому, что положительные ионы металла оказываются расположенными по одну сторону от электронов, последние притягиваются в глубь проводника. Этим объясняется то, что электроны при обычных условиях не могут покинуть проводник, несмотря на отталкивающее воздействие, испытываемое ими от электронов, расположенных внутри металла.

Скорость хаотического движения полусвободных электронов зависит от температуры металла. Чем выше температура, тем выше скорости электронов. При некоторых значениях температуры скорость движения некоторой части электронов становится настолько значительной, что они, преодолевая притягивающие силы положительных ионов, расположенных в поверхностном слое, вы-



рываются из металла и вылетают за его пределы. Это явление носит название термоэлектронной эмиссии. На использовании явления термоэлектронной эмиссии основано устройство радиолампы.

Если взять любой металл и накаливать его до высокой температуры, то некоторая часть полусвободных электронов, достигших большой скорости движения, вылетит за пределы металла в окружающее пространство.

У различных металлов количество испускаемых электронов в результате термоэлектронной эмиссии при одинаковой температуре их нагрева различно. Наибольшую эмиссию обеспечивают так называемые щелочные металлы — натрий, калий, цезий и щёлочно-земельные — барий и др. Количество электронов, испускаемых одним и тем же металлом при различной температуре, различно. Чем выше температура металла, тем больше число вылетающих из него электронов. При очень высоких температурах металл начинает испаряться и из него вылетают не только электроны, но и целые атомы. Это обстоятельство ограничивает возможность увеличения термоэлектронной эмиссии посредством повышения температуры металла.

Число электронов, испускаемых металлом, зависит также и от величины его поверхности. Чем больше площадь нагретой поверхности металла, тем большее количество электронов он испускает.





## ДВУХЭЛЕКТРОДНАЯ ЛАМПА (ДИОД)



**СТРОЙСТВО лампы.** Устройство простейшей электронной лампы, содержащей всего два электрода, показано на рис. 4. Такая лампа называется диодом.

Диод представляет собой металлический или стеклянный баллон, из которого тщательно выкачан воздух. Внутри баллона помещена металлическая нить накала, называемая катодом, концы которой выведены к специальным контактным ножкам, расположенным на цоколе лампы. Вокруг этой нити размещается металлический цилиндр, называемый анодом, также имеющий специальный вывод. Иногда анод выполняется в виде сплюсненного цилиндра или пластинки.

Катод присоединяется к источнику тока, в результате этого он раскаляется и испускает электроны. Количество электронов, испускаемых катодом в секунду, определяет величину тока эмиссии. Нить накала и батарея образуют вместе так называемую цепь накала. Ток, протекающий в этой цепи, называется током накала.

Анод служит для создания упорядоченного движения электронов внутри лампы. Для того, чтобы анод мог притягивать электроны, его заряжают положительно по отношению к катоду. В этом случае вылетающие из раскалённого катода электроны под действием сил электрического поля устремляются к аноду (рис. 5), затем от него по соединительному проводу движутся к плюсу анодной батареи и через неё попадают опять к катоду лампы. Таким образом, в цепи анода создаётся ток, за направление которого условно принято направление, противоположное направлению движения электронов. Схема включения диода показана на рис. 6.

Движение электронов внутри лампы напоминает движение электронов в обычном проводнике, однако, внутри проводника ток может проходить в ту или другую сторону в зависимости от того, как подключена к нему батарея. Ток в диоде может проходить только в одну сторону, т. е. только тогда, когда к его аноду приложено положительное напряжение относительно катода. Если к аноду приложено отрицательное напряжение по отношению к катоду то силы электрического поля внутри лампы отталкивают от

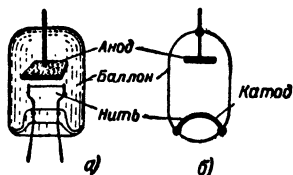


Рис. 4. Диод:  
а) устройство, б) схематическое изображение

анода вылетающие из катода электроны. Поэтому последние не могут долететь до анода, а, пролетев некоторое расстояние, возвращаются обратно на катод. Вследствие этого ток через диод не проходит. В этом случае говорят, что лампа заперта. Таким образом, диод обладает ценным свойством пропускать ток только в одном направлении.

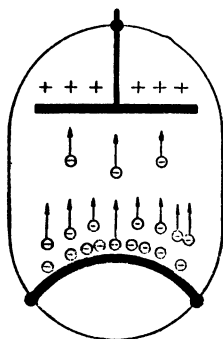


Рис. 5. Движение электронов внутри диода (стрелками показано направление движения электронов)

бота лампы нарушается. Поэтому лампы с недостаточной откачкой (или, как говорят, с газом) не могут удовлетворительно работать.

Свойство диодов пропускать ток в одном направлении используется в выпрямителях, т. е. устройствах, предназначенных для преобразования переменного тока (периодически изменяющего свою величину и направление) в ток одного направления. Диоды могут выпрямлять переменные токи как низкой, так и высокой частоты. Диоды, применяемые в схемах выпрямителей, обеспечивающих питание ламп, называют кенотронами.

Катоды. В диоде точно так же, как и в любой другой лампе, назначение катода состоит в обеспечении электронной эмиссии. Для этого катод должен иметь необходимую температуру, которая создаётся током накала. Цепи накала ламп обычно питают от источника низкого напряжения (2, 4 или 6,3 в). Если в радиоприёмнике (или другом устройстве) имеется несколько ламп, то их нити накала чаще включают параллельно (рис. 7а). В этом случае напряжение накала всех ламп должно быть одинаковым.

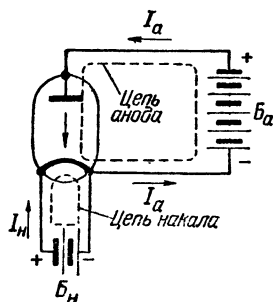


Рис. 6. Схема включения диода:  
 $B_n$  — батарея накала,  $B_a$  — батарея анода,  $I_a$  — анодный ток,  $I_n$  — ток накала (стрелками показаны направления токов)

Если имеется источник тока с высоким напряжением, то нити накала ламп можно включать последовательно (рис. 7б). В этом случае ток накала всех ламп должен быть одинаковым, а напряжение накала каждой лампы может быть различным.

Для того, чтобы экономно расходовать энергию источников питания накала, катоды ламп стремятся выполнить так, чтобы при небольшой мощности накала они обеспечивали большой ток эмиссии.

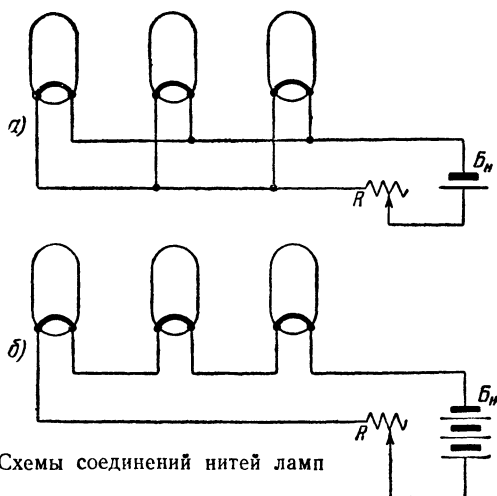


Рис. 7. Схемы соединений нитей ламп

В некоторых типах ламп нити накала изготавливают из металла вольфрама. Однако такие нити неэкономичны, так как они хорошо испускают электроны только при весьма высокой температуре, для создания которой требуется большой ток накала. Поэтому в настоящее время нити накала, сделанные из вольфрама или другого металла, покрываются тонким слоем какого-либо вещества, обладающего способностью хорошо испускать электроны при сравнительно низкой температуре. Такие нити, называемые активированными, требуют для нормальной работы значительно меньшие токи накала, чем обыкновенные вольфрамовые нити. Кроме того, срок их службы значительно выше. Особенность активированных катодов заключается в том, что они в результате перегрева теряют способность хорошо испускать электроны (как говорить, теряют эмиссию). Это явление объясняется тем, что при повышенной температуре слой активного вещества испаряется.

У ламп с активированными нитями эмиссия постепенно падает вследствие истощения активного слоя. Поэтому у таких ламп, несмотря на сохранность нити, эмиссия может быть потеряна либо вследствие продолжительной работы, либо в результате перегрева. В этом случае, несмотря на то, что лампы «горят», их заменяют новыми исправными лампами.

У ламп с обыкновенным вольфрамовым катодом величина тока эмиссии постоянна, поэтому такие лампы исправно работают до тех пор, пока не перегорает их нить. В свою очередь это перегорание вызывается тем, что при высокой температуре происходит испарение металла с поверхности нити, поэтому она постепенно делается тоньше и, наконец, обрывается.



Рис. 8. Устройство подогревного катода

Катоды ламп, представляющие собой накаливаемые нити, обычно питаются от источников постоянного тока. При включении таких нитей в цепь переменного тока (т. е. тока, периодически изменяющего свою величину и направление) их температура не остаётся постоянной, а изменяется с частотой изменения величины питающего их тока. В результате соответственно изменяются ток эмиссии и анодный ток лампы. За счёт этого в приёмнике прослушивается сильный фон переменного тока, заглушающий передачу. Поэтому лампы с такими катодами для питания переменным током непригодны. В устройствах, питающихся от сети переменного тока, применяют лампы, у которых катод нагревается не за счёт непосредственно проходящего через него тока, а за счёт теплопередачи от раскалённой нити, отделённой от катода изолирующим материалом. Такие катоды называются подогревными. Лампы с подогревными катодами были впервые применены советским учёным академиком А. А. Чернышёвым.

Есть несколько различных конструкций подогревных катодов. На рис. 8 показана наиболее употребительная из них. Она состоит из никелевой трубочки, покрытой активным слоем. Эта изолированная от нити трубочка является катодом и служит для получения эмиссии электронов. Внутри трубочки помещена проволочная спираль, являющаяся нитью накала. Эта спираль покрыта слоем термостойкого изоляционного материала. Таким образом, нить накала и катод отделены друг от друга. Такой катод, благодаря большой массе, обладает значительной тепловой инерцией. Вследствие этого он при питании переменным током не успевает изменять свою температуру. Поэтому эмиссия такого катода остаётся постоянной. Лампы с подогревными катодами, в отличие от ламп прямого накала, начинают работать не сразу в момент включения, а спустя 30—40 секунд, когда достаточно прогреется катод. Включение диода с подогревным катодом показано на рис. 9.

Подогревные лампы менее экономичны по сравнению с лампами прямого накала, имеющими активированные катоды. Это объясняется тем, что подогревные катоды имеют сравнительно большую поверхность, поэтому они сильнее охлаждаются за счёт излучения тепла. Вследствие этого для получения необходимой температуры катода приходится повышать мощность, потребляемую нитью накала. В лампах прямого накала употребляются тонкие нити с небольшой поверхностью. Это даёт возможность при не-

больших токах накала получать достаточно высокую температуру нити.

Подогревные лампы потребляют сравнительно большие токи накала, поэтому они используются, главным образом, в устройствах, питающихся от сети переменного тока. В радиоприёмниках и маломощных передвижных радиостанциях, питающихся от батарей, применяются экономичные лампы прямого накала.

Срок службы ламп как прямого накала, так и подогревных, значительно увеличивается в том случае, если они работают с небольшим недокалом. При этом величина эмиссии остаётся достаточно высокой. В то же время незначительный перекал, не улучшая работу, приводит к быстрому выходу ламп из строя.

Для предотвращения перекала нитей ламп напряжение источника тока накала не должно превышать величину напряжения, на которую рассчитаны нити ламп. В то же время это напряжение не должно быть низким, так как при пониженном напряжении накала нити ламп недостаточно раскаляются, ток эмиссии понижается и в результате этого лампы работают плохо.

В цепь накала ламп иногда включают последовательно переменное сопротивление — реостат накала (рис. 7). В случае слишком большого напряжения батареи накала реостат вводят в цепь, благодаря чему напряжение на лампах понижается. Если же напряжение батареи накала становится ниже нормального, реостат выводят, и напряжение на лампах повышается.

**Х а р а к т е р и с т и к а д и о д а.** При постоянном напряжении накала количество электронов, вылетающих из катода в каждую секунду, или, как говорят, ток эмиссии катода остаётся неизменным. Однако не всегда все эти электроны попадают на анод. Количество электронов, долетевших до анода, зависит от величины напряжения, включённого между анодом и катодом, т. е., другими словами, анодный ток диода зависит от приложенного к нему анодного напряжения. График, показывающий эту зависимость, называется характеристикой диода. Для того, чтобы снять характеристику диода, обычно собирают схему, показанную на рис. 10.

Напряжение на аноде изменяют с помощью потенциометра, подключённого к анодной батарее. Одновременно измеряют величину анодного тока и напряжение на аноде. В положении движка потенциометра, отмеченного цифрой 0, напряжение на аноде равно нулю. Ток через диод в этом случае не проходит. Стрелка миллиамперметра будет стоять на нуле. Это объясняется тем, что анод, не обладая положительным потенциалом, не притягивает электроны, и они вследствие этого, вылетев из катода, образуют вокруг него пространственный заряд. Электроны пространственного заряда

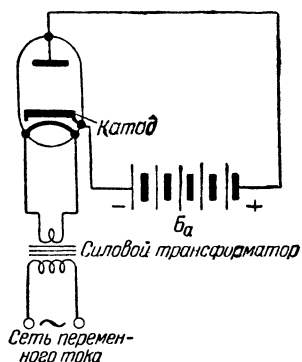


Рис. 9. Схема включения лампы с подогревным катодом

непрерывно падают обратно на катод. Взамен этих падающих электронов из катода вылетают новые электроны, поэтому пространственный заряд, образованный электронами, остаётся постоянным.

При небольшом перемещении ползунка потенциометра, например, в положение, помеченное цифрой 2, между анодом и катодом

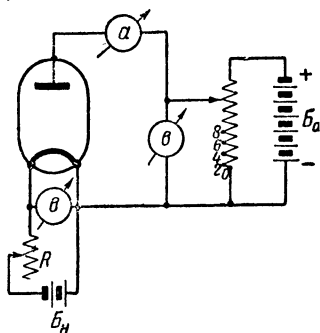


Рис. 10. Схема для снятия характеристики днода

начнёт действовать электрическое напряжение, равное падению напряжения на участке потенциометра между точками 0 и 2. В результате этого между катодом и анодом лампы образуется электрическое поле, под действием сил которого часть электронов начнёт двигаться к аноду. Через диод в этом случае начнёт проходить небольшой ток, и стрелка миллиамперметра покажет его величину. Анодный ток при этом мал из-за того, что при низких напряжениях анода его притягивающее воздействие мало. Вследствие этого в первый момент к нему устремляется (с небольшой скоростью) только незначительное

число близко расположенных электронов. Более удалённые электроны попадают на анод только после того, как его достигнут находящиеся ближе к нему электроны.

Электроны, более удалённые от анода, не в состоянии обогнать впереди летящие электроны, потому что, находясь на большом расстоянии от анода, они слабее им притягиваются. Кроме того, эти электроны всё время испытывают отталкивающее влияние отрицательного пространственного заряда, создаваемого двигающимися впереди них электронами. Поэтому скорость движения узади летящих электронов всегда меньше, чем у впереди летящих. По этой причине при небольших положительных напряжениях на аноде значительная часть электронов пространственного заряда обладает настолько малыми скоростями, что они, не достигая анода, возвращаются обратно на катод.

По мере передвижения ползунка потенциометра в положение, отмеченное цифрами 4, 6 и т. д., анодное напряжение будет всё увеличиваться, а вместе с ним будет увеличиваться притягивающее влияние анода и соответственно скорость движения электронов в лампе. Благодаря этому всё большая часть электронов из пространства вокруг катода будет попадать на анод и анодный ток будет возрастать, а пространственный заряд соответственно уменьшаться.

Наконец, при некотором положении ползунка потенциометра ток в лампе достигнет максимальной величины, это произойдёт в тот момент, когда в результате возросшего напряжения анода его притягивающее воздействие настолько возрастёт, что все электроны из пространственного заряда будут попадать на анод.

Дальнейшее увеличение анодного напряжения уже не приведёт к увеличению анодного тока, несмотря на то, что при этом

притягивающее воздействие анода будет расти. Это объясняется тем, что число вылетающих из катода электронов остаётся постоянным и зависит только от его способности испускать электроны.

Максимальное значение тока в лампе называется током насыщения. Ток насыщения лампы равняется току эмиссии. Чем больше ток эмиссии лампы, тем больше ток насыщения. При уменьшении накала лампы соответственно уменьшается ток эмиссии и, следовательно, уменьшается ток насыщения.

Не у всех ламп имеет место резко выраженный верхний изгиб характеристики. Так, например, у ламп с оксидными катодами он получается плавным, и ток насыщения появляется при очень больших напряжениях на аноде.

По результатам измерений, которые обычно заносятся в таблицу, строят характеристику диода. Пример такой таблицы приведён ниже (см. табл. 1). Характеристика диода, построенная в соответствии с данными, указанными в этой таблице, показана на рис. 11.

Т а б л и ц а 1

**Зависимость анодного тока диода от величины  
анодного напряжения**

Напряжение на аноде, <i>в</i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Ток анода, <i>ма</i>	0	1,5	3,8	7,2	12,0	15,8	19,2	20,0	20,0

По вертикальной оси на рис. 11 отложены значения анодного тока в миллиамперах, а по горизонтальной — значения анодного напряжения в вольтах. Кривая 1 получена при напряжении накала, равном 4 *в*, а кривая 2 при напряжении накала 3, 6 *в*. Как видно из рисунка, при увеличении напряжения накала ток насыщения лампы возрастает.

Диоды различных типов, как и другие лампы, отличаются своими параметрами и характеристиками. К основным параметрам диода относятся следующие постоянные для определённого типа ламп величины: напряжение накала  $U_n$ , ток накала  $I_n$ , ток эмиссии  $I_e$ . Кроме того, диоды различных типов различают по крутизне их характеристики. Чем быстрее нарастает величина анодного тока диода при увеличении анодного напряжения, тем больше крутизна характеристики диода. Значение крутизны обозначают буквой  $S$  и выражают числом миллиампер, на которое увеличивается анодный ток диода при увеличении анодного напряжения на один вольт. Так, например, если написано, что крутизна диода  $S=3$  *ма/в*, то это означает, что при увеличении анодного напряжения на 1 *в* его анодный ток возрастает на 3 *ма*.

Другой важный параметр, которым характеризуется диод, — величина его внутреннего сопротивления, которое он оказывает переменному току. Внутреннее сопротивление диода не постоянно, а зависит от величины и полярности



анодного напряжения, приложенного к диоду. Так, например, когда к аноду диода приложено отрицательное напряжение, его внутреннее сопротивление бесконечно велико, и поэтому ток через диод не проходит. Наименьшее значение внутреннего сопротивления диод имеет в пределах средней прямолинейной части характеристики,

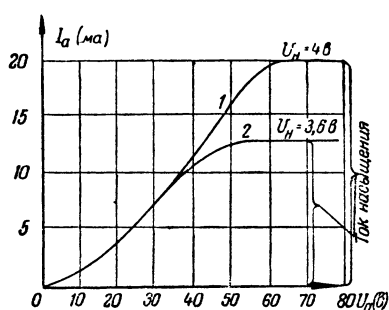


Рис. 11. Характеристика диода

Так, например, внутреннее сопротивление  $R_i$  диода в средней части его характеристики, показанной на рис. 11, равно

$$R_i = \frac{40 - 30}{0,012 - 0,0072} = \frac{10}{0,0048} \approx 2083 \text{ ом.}$$

Наконец, последний, весьма важный параметр, который характеризует каждую лампу, — величина допустимой мощности рассеяния на аноде. Дело в том, что электроны развивают под влиянием напряжения, приложенного к аноду, большую скорость и благодаря этому со значительной силой ударяются в него. При этом анод нагревается, может раскалиться и даже расплавиться. Чем больше анодное напряжение, тем больше скорость электронов и, в свою очередь, чем больше ток через диод, тем большее число электронов одновременно ударяет в анод, зависит от анодного напряжения и анодного тока. Произведение этих двух величин равно мощности рассеяния на аноде.

Выделение тепла на аноде есть бесполезная и даже вредная потеря мощности. При очень сильном нагревании анода лампа выходит из строя. Поэтому мощность рассеяния не должна превышать некоторую допустимую для данного типа лампы величину. По допустимой мощности рассеяния того или иного типа лампы судят о том, в каком устройстве её можно использовать.





## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕНОТРОНОВ



**СТРОЙСТВО** выпрямителей, обеспечивающих питание анодных цепей ламп радиоприёмников и других устройств, основано на использовании кенотронов. Такие выпрямители называют кенотронными.

Схема простейшего кенотронного выпрямителя показана на рис. 12. Работа этой схемы происходит следующим образом: при замкнутом выключателе  $B$  в цепи первичной обмотки силового трансформатора  $Tr$  проходит переменный ток, вследствие этого на концах обмотки  $II$ , имеющей большое число витков (эту обмотку называют повышающей), и обмотки  $III$ , имеющей небольшое число витков (эту обмотку называют накальной), создаются напряжения, пропорциональные количеству витков. Напряжение обмотки  $III$  силовых трансформаторов радиоприёмников бывает порядка 4—5 в,

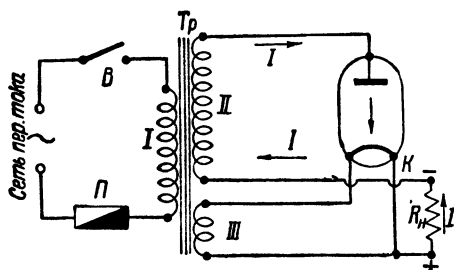


Рис. 12. Схема однополупериодного выпрямителя

оно должно быть равно напряжению накала применяемого кенотрона. Напряжение повышающей обмотки этих трансформаторов 200—300 в.

Под действием напряжения накала через нить накала кенотрона проходит ток и раскаляет её, поэтому она начинает испускать электроны. Однако ток через кенотрон может проходить только тогда, когда на его аноде будет положительное напряжение относительно катода. Ввиду того, что переменное напряжение сети, а также и напряжение на концах повышающей обмотки трансформатора периодически изменяют свою полярность, ток через кено-

трон и нагрузочное сопротивление  $R_n$  проходит только в течение положительных полупериодов (рис. 13).

Таким образом, рассмотренный выпрямитель пропускает ток через нагрузку только в течение одного полупериода, поэтому он называется однополупериодным. Недостатком такого выпрямителя является то, что он создаёт в нагрузке прерывистый ток. Для получения постоянного тока, необходимого для питания анодных цепей ламп радиоприёмника, такой выпрямитель приходится снабжать громоздким и дорогим устройством для сглаживания пульсации — фильтром.

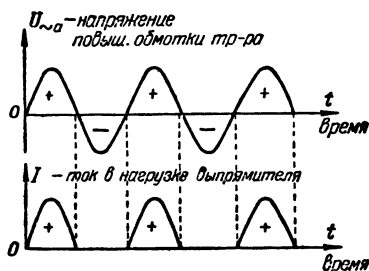


Рис. 13. Графики однополупериодного выпрямления

полупериодными. Схема двухполупериодного выпрямителя показана на рис. 14. В ней используется двуханодный кенотрон, который представляет собой два кенотрона, помещённых в один общий баллон (рис. 15). Повышающая обмотка силового трансформатора этого выпрямителя имеет вдвое больше витков, чем в повышающей обмотке трансформатора однополупериодного выпрямителя, и имеет отвод от средней точки.

Схема двухполупериодного выпрямителя собрана таким образом, что в один и тот же момент напряжения на обоих анодах противоположны по знаку. Поэтому в первый полупериод работает только первый анод, ток проходит через первую половину вторичной обмотки и сопротивление нагрузки. Ток через второй анод не проходит, так как к нему приложено отрицательное напряжение. В течение второго полупериода к второму аноду приложено положительное напряжение и поэтому ток проходит через него, вторую половину повышающей обмотки и сопротивление нагрузки. В то же время в цепи первого анода, к которому в этот момент приложено отрицательное напряжение, ток не проходит. Таким образом, в течение обоих полупериодов через сопротивление нагрузки проходит ток в одном направлении. Величина этого тока изменяется так, как показано на рис. 16.

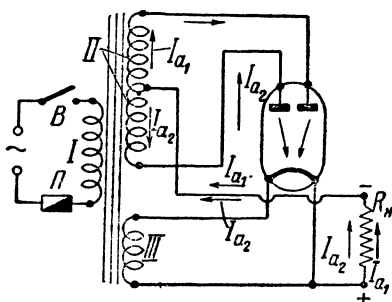


Рис. 14. Схема двухполупериодного выпрямителя

Этот пульсирующий ток с помощью фильтров превращают в постоянный ток. Для этой цели применяют более дешёвые и простые

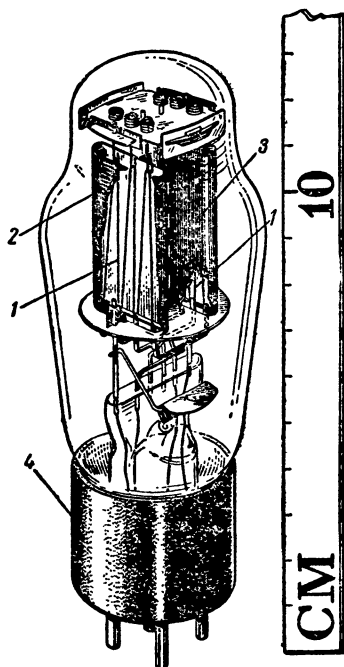


Рис. 15. Устройство двуханодного кенотрона типа ВО-188: 1 — катод, 2 и 3 — аноды, 4 — цоколь

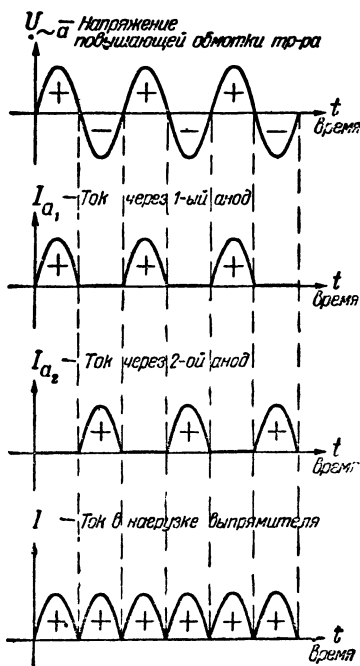


Рис. 16. Графики двухполупериодного выпрямления

фильтры, чем в случае однополупериодного выпрямления. Ёмкость конденсаторов и индуктивность дросселя фильтра в этом случае могут быть сравнительно невелики. Благодаря этому двухполупериодное выпрямление переменного тока нашло широкое применение в радиоаппаратуре.

1) Изображения ламп, помещённые в этой брошюре, заимствованы из книги В. С. Григорьева и Б. С. Григорьева «Электронные и ионные приборы». Связьиздат, 1950 г.





## ТРЕХЭЛЕКТРОДНАЯ ЛАМПА (ТРИОД)



РАДИОАППАРАТУРЕ часто возникает необходимость усиления переменного тока или напряжения. Для этой цели используют трёхэлектродные лампы, сокращённо называемые триодами. Устройство триода и его условное изображение на схемах показано на рис. 17 и 18.

Как видно из этих рисунков, триод отличается от диода тем, что между его катодом и анодом размещена металлическая сетка. Обычно эта сетка выполняется в виде спирали. Сетка имеет отдельный вывод. Между этим выводом и катодом включается напряжение, которое называется сеточным напряжением. Остальные электроды триода включаются так же, как и у обычного диода (рис. 19).

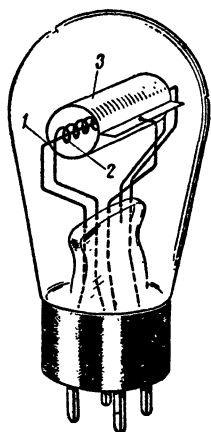


Рис. 17. Устройство триода:

1 — катод, 2 — управляющая сетка, 3 — анод

Под действием приложенного между сеткой и катодом напряжения создаётся дополнительное

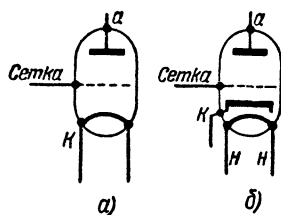


Рис. 18. Условное изображение триодов:

а) триод прямого накала, б) подогревный триод

электрическое поле, которое воздействует на летящие от катода к аноду электроны. Когда на сетке действует отрицательное напряжение, вылетающие из катода электроны оказываются под действием двух сил: притягивающей силы положительно заряженного анода и отталкивающей силы отрицательно заряженной сетки. Если

отрицательное напряжение на сетке мало, то её отталкивающая сила, действующая на электроны, невелика, и поэтому часть элект-

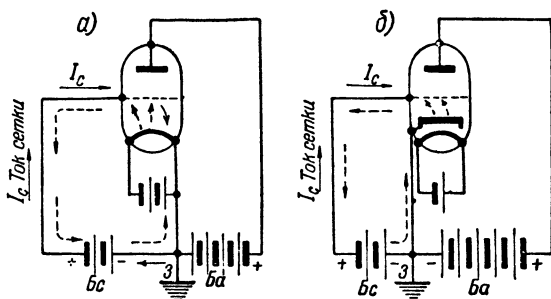


Рис. 19. Включение триода:  
а) прямого накала, б) подогревного. Здесь и на других рисунках пунктирными стрелками показано направление движения электронов

ронов пролетает через сетку к аноду (рис. 20 а). Однако с увеличением отрицательного напряжения на сетке отталкивающая сила, действующая на электроны, увеличивается. Вследствие этого всё меньшее число их пролетает сквозь сетку к аноду. Поэтому анодный ток соответственно уменьшается.

Наконец, при некотором значении отрицательного напряжения на сетке величины её отталкивающей силы становится настолько большой, что ни один электрон уже не в состоянии пролететь сквозь сетку к аноду, и поэтому анодный ток становится равным нулю. В этот момент лампа, как говорят, заперта (рис. 20б).

Если к сетке приложить не отрицательное, а положительное напряжение относительно катода, то на испускаемые катодом электроны будут действовать две одинаково направленные силы — притягивающая сила положительно заряженного анода и притягивающая сила положительно заряженной сетки. Благодаря этому большая часть электронов

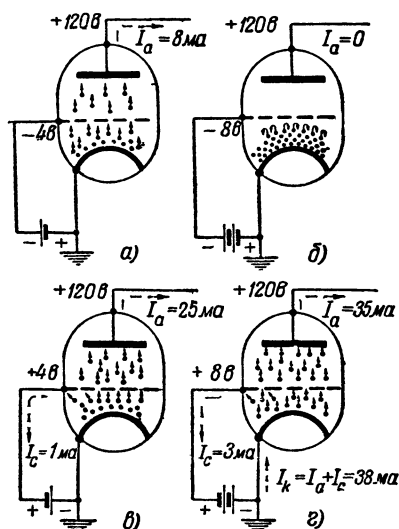


Рис. 20. Изменение анодного тока триода при различных напряжениях на сетке. Для простоты рисунка цепи накала ламп не показаны

пролетает сквозь сетку и достигает положительно заряженной сеткой

анода, а часть притягивается и создаёт в её цепи сеточный ток (рис. 20 в). При достаточно большом значении положительного напряжения на сетке анодный ток увеличивается до максимального значения, при этом значительно возрастает и сеточный ток (рис. 20 г).

Сетка находится ближе к катоду, чем анод, поэтому изменение напряжения на ней значительно сильнее влияет на величину анодного тока, чем такое же изменение величины напряжения на аноде. Сильное влияние сетки на вылетающие из катода электроны позволяет с помощью небольшого, приложенного к ней, переменного напряжения получить значительное изменение величины анодного тока. Таким образом, с помощью сетки можно управлять величиной тока в анодной цепи лампы. Поэтому эту сетку называют управляющей.

Характеристика триода. Всякий триод точно так же, как и диод, имеет характеристику и параметры, соответствующие его типу. Примеры некоторых конструкций триодов показаны на рис. 21 и 22. Прежде чем использовать какой-либо триод в радиоприёмнике или другом устройстве,

обычно знакомятся с его характеристикой и параметрами и по ним судят о пригодности лампы данного типа.

Для снятия характеристики собирают схему, изображённую на рис. 23.

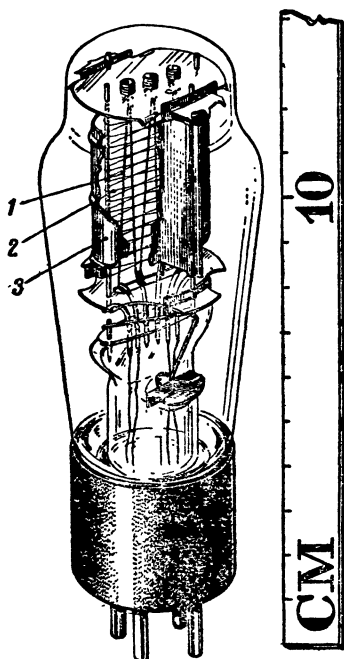


Рис. 21. Триод типа 6X4-186:  
1 — нить накала, 2 — сетка,  
3 — анод

Таблица 2  
Зависимость анодного и сеточного токов триода  
от величины напряжения на сетке

Напряжение на сетке, в	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10
Сеточный ток, ма	0	0	0	0	0	0	1,9	4,0	5,0	5,0	7,0
Анодный ток, ма	0	0	2,5	7,5	15,0	22,5	30,0	33,0	33,0	33,0	31,0

Измерение производят в следующем порядке. Сначала устанавливают нормальное напряжение накала. Затем с помощью потенциометра, включённого параллельно анодной батарее, подают некоторое постоянное напряжение на анод, например 120 в. После этого, изменяя положение движка потенциометра, подключённого к сеточной батарее, изменяют напряжение на сетке в некоторых пределах, например, от  $-10$  в до нуля. При этом через некоторые интервалы сеточного напряжения, например, через каждые два вольта, с помощью миллиамперметра, включённого в цепь анода, измеряют величину анодного тока. Затем переключателем  $\Pi$  изменяют полярность сеточной батареи и продолжают измерения, подавая на сетку положительные напряжения, например, от нуля до  $+10$  в. При положительных напряжениях на сетке одновременно с измерением анодного тока измеряют величину сеточного тока.

Результаты измерений записывают в таблицу (см. табл. 2) и затем по ним строят график изменения анодного и сеточного токов в зависимости от напряжения на управляющей сетке (рис. 24).

На этом рисунке по вертикали отложены значения анодного и сеточного токов при различных напряжениях на сетке, измеренные при постоянном анодном напряжении на аноде, равном 120 в.

Как видно из рисунка, при изменении сеточного напряжения от  $-8$  до  $+4$  в анодный ток изменяется от нуля до величины тока насыщения. Ток в цепи сетки проходит только при наличии на ней положительного напряжения. По мере роста этого положительного напряжения сеточный ток увеличивается. При очень больших положительных значениях сеточного напряжения анодный ток лампы начинает падать, а сеточный ток расти. Это происходит потому, что всё большее число электронов притягивается сеткой и потому всё меньшее их число долетает до анода.

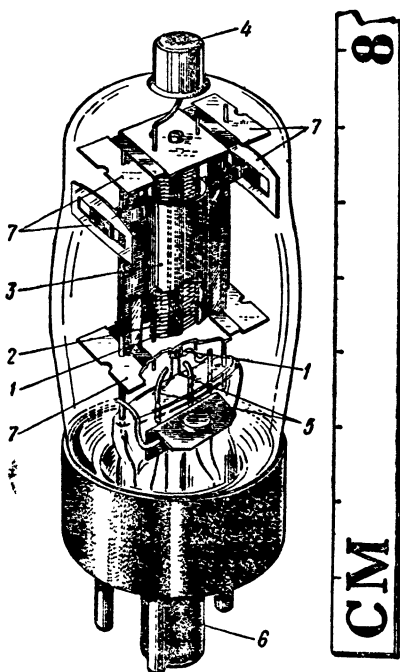


Рис. 22. Триод типа 6Ф5М

1 — катод, 2 — сетка, 3 — анод, 4 — вывод сетки, 5 — концы нити накала, 6 — направляющий ключ цоколя, 7 — слюдяные пластинки



Изображённая на рисунке характеристика триода получена при постоянном напряжении на его аноде, равном 120 в. Если с этого триода снять характеристики при других анодных напряжениях, например, при  $U_a = 80$  в и  $U_a = 160$  в, то в каждом случае его характеристика будет иметь такой же вид, как и

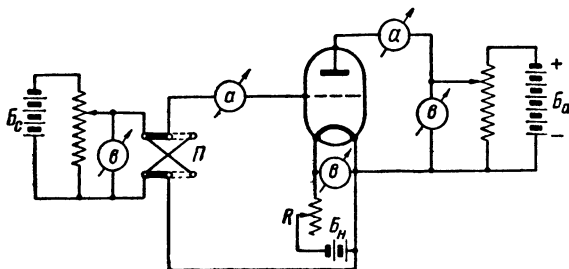


Рис. 23. Схема для снятия характеристик триодов

первая характеристика, снятая при  $U_a = 120$  в, но расположится либо правее, либо левее от неё. Чем больше будет напряжение анодной батареи, тем левее будет располагаться характеристика. Наоборот, с уменьшением анодного напряжения характеристика будет перемещаться вправо (рис. 25).

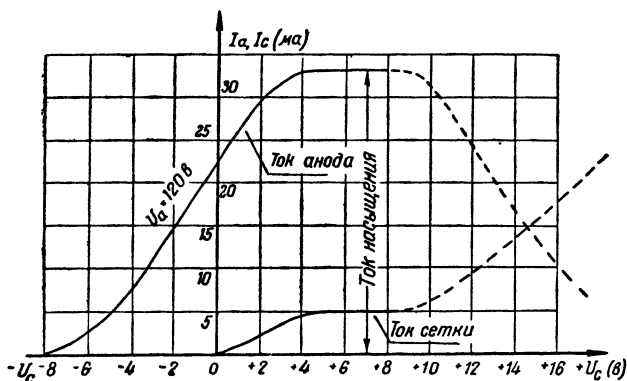


Рис. 24. Характеристика анодного и сеточного токов триода

При больших напряжениях на аноде для запираания лампы необходимо большое отрицательное напряжение на сетке, а ток насыщения получается уже при небольшом положительном напряжении на сетке, поэтому характеристика размещается левее. При малых напряжениях на аноде, наоборот, уже небольшие от-

рицательные напряжения запирают лампу, а для получения тока насыщения необходимо большое положительное напряжение на сетке, поэтому характеристика лампы располагается правее. Таким образом, при различных анодных напряжениях одна и та же лампа имеет различные характеристики, совокупность которых называют семейством характеристик данной лампы.

Параметры триода. Основные свойства триодов характеризуются следующими параметрами: крутизной, внутренним сопротивлением и коэффициентом усиления.

Крутизной  $S$  характеризуются угол наклона характеристики триода, выражающей зависимость между анодным током и напряжением на сетке. Чем круче поднимается эта характеристика, тем большей крутизной обладает триод. Крутизна характеристики триода показывает, насколько изменится анодный ток при изменении напряжения на сетке на один вольт при постоянном напряжении на аноде.

Крутизна характеристики триода выражается в  $ма/в$ . Если, например, крутизна характеристики какого-либо триода равна  $4 ма/в$ , то это значит, что его ток изменится на  $4 ма$  при изменении сеточного напряжения на  $1 в$ . У различных триодов крутизна их характеристик различна, в зависимости от конструкции лампы она может изменяться в пределах от  $1$  до  $10 ма/в$ . Крутизна характеристики тем больше, чем гуще сетка и чем ближе к катоду она расположена.

Крутизна характеристики лампы изменяется в зависимости от величины напряжения на сетке. Наибольшего значения она достигает в области прямолинейной части характеристики и уменьшается в областях её нижнего и верхнего сгибов. Чем больше крутизна на прямолинейного участка характеристики, тем лучше лампа.

Внутреннее сопротивление триода  $R_i$  определяется отношением изменения анодного напряжения к вызванному им изменению величины анодного тока при постоянном напряжении на сетке. Так, например, если в лампе при изменении анодного напряжения на  $10 в$  анодный ток изменяется на  $2 ма$ , то внутреннее сопротивление такой лампы равно

$$R_i = \frac{10 в}{0,002 а} = 5000 ом.$$

Внутреннее сопротивление, так же как и крутизна, не остаётся постоянным при различных напряжениях на сетке лампы. В области прямолинейной части характеристики лампы величина внутреннего сопротивления уменьшается, а в областях сгибов увеличивается. У различных триодов в зависимости от их конструкции, внутреннее сопротивление различно и может лежать в пределах от  $1000$  до  $100\,000 ом$ .

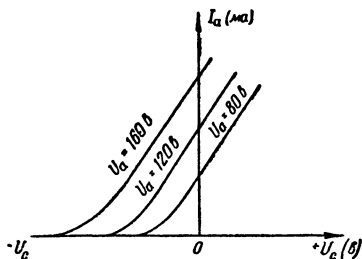


Рис. 25. Семейство характеристик триода

Важным параметром, характеризующим свойства триода, является коэффициент усиления (обозначаемый греческой буквой  $\mu$ ). Как уже указывалось, анодный ток в триоде можно изменять либо изменением напряжения на сетке, либо изменением напряжения на аноде. Густая и близко расположенная к катоду сетка воздействует на электроны гораздо сильнее, чем далеко расположенный анод. Поэтому изменить анодный ток на некоторую определённую величину можно либо соответствующим изменением анодного напряжения, либо значительно меньшим изменением напряжения на сетке.

Коэффициент усиления лампы показывает, во сколько раз больше должна быть величина изменения напряжения на аноде, по сравнению с величиной изменения сеточного напряжения для получения одинакового изменения анодного тока. Например, если имеется лампа, в которой для изменения анодного тока на 2 ма необходимо либо изменить анодное напряжение на 18 в, либо изменить сеточное напряжение на 3 в, то её коэффициент усиления ра-

вен  $\mu = \frac{18}{3} = 6$ . В этом случае можно сказать, что сетка воздействует на вылетающие из катода электроны в шесть раз сильнее анода.

Коэффициент усиления триода, так же как и его другие параметры, зависит от его конструкции. Чем гуще и ближе к катоду расположена сетка, тем больше коэффициент усиления. У триодов коэффициент усиления изменяется в пределах от 4 до 100.





## ПРИМЕНЕНИЕ ТРИОДА



ТРИОД часто используется в радиоаппаратуре для усиления переменного напряжения низкой (звуковой) частоты. Кроме того, он может применяться в генераторах, предназначенных для получения переменного напряжения как низкой, так и высокой частот, а также в некоторых других схемах.

Простейшая схема усиления может быть осуществлена с помощью одного триода. Такая схема называется ступенью усиления. Пример схемы ступени усиления низкой частоты показан на рис. 26. Эта схема содержит лампу  $\mathcal{L}$ , батарею накала  $B_n$  и батарею анода  $B_a$ . На вход ступени включён электромагнитный звукосниматель  $\mathcal{Z}$ , а на выход громкоговоритель  $\Gamma$ .

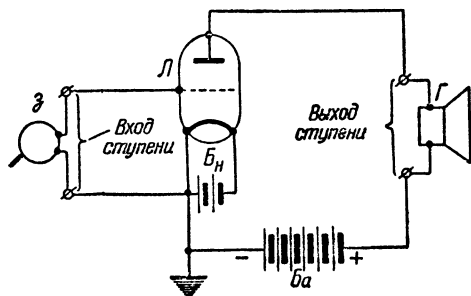


Рис. 26. Схема ступени усиления низкой частоты

Работа этой схемы происходит следующим образом. При вращении граммофонной пластинки игла звукоснимателя скользит по её извилистой «звуковой» бороздке. В результате этого подвижной якорь, к которому она прикреплена, колеблется с частотой звука, записанного на пластинке. В свою очередь колебания якоря вызывают изменение величины и направления магнитного потока в катушке, расположенной между полюсами постоянного магнита звукоснимателя. Благодаря этому в этой катушке индуцируется переменное напряжение звуковой частоты, которое оказывается подключённым между сеткой и катодом триода.

Переменное напряжение на сетке изменяет величину анодного тока триода. Вследствие этого протекающий через обмотку громко-

говорителя ток изменяется с звуковой частотой и заставляет с этой же частотой колебаться его диффузор. Таким образом, благодаря усиливающим свойствам триода при помощи очень незначительного переменного напряжения на сетке, возникающего за счёт слабых колебаний иглы звукоприёмника, получают значительные изменения анодного тока, создающие звук в громкоговорителе.

Для того, чтобы лучше представить себе, как это происходит, обратимся к характеристике триода (рис. 27). Будем считать, что при воспроизведении звукозаписи звукоприёмник создаёт переменное напряжение на сетке лампы, которое изменяется так, как показано на кривой  $U$ . В первый момент времени, обозначенный цифрой 1, напряжение на сетке равно нулю. Поэтому анодный ток в этот момент равен величине, отмеченной скобкой 1. В момент 2 напряжение на сетке стало положительным, благодаря этому анод-

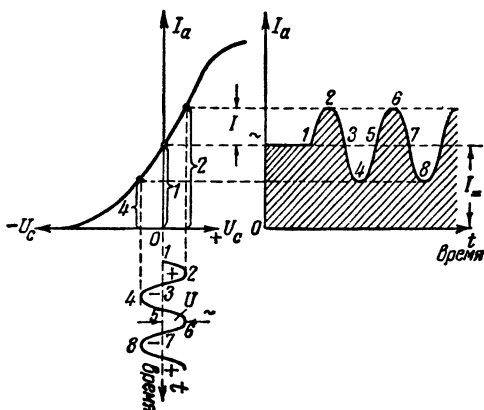


Рис. 27. График изменения анодного тока триода при изменении сеточного напряжения:  $U_{\sim}$  — амплитуда изменения напряжения на сетке,  $I_{\sim}$  — амплитуда изменения анодного тока или, как говорят, его переменной составляющей,  $I_0$  — ток покоя (иногда его называют постоянной составляющей анодного тока)

ный ток увеличился до значения, отмеченного скобкой 2. В момент 3 напряжение на сетке уменьшилось и стало равно нулю и, следовательно, уменьшился анодный ток до значения, отмеченного скобкой 1. В момент 4 напряжение на сетке стало отрицательным, поэтому соответственно уменьшился анодный ток до значения, отмеченного скобкой 4.

Продолжая эти рассуждения, мы легко убеждаемся в том, что в цепи анода ток изменяется с частотой изменения напряжения на сетке. Амплитуда колебаний анодного тока зависит от крутизны

характеристики триода. Чем больше крутизна лампы, тем сильнее изменение анодного тока при одной и той же амплитуде колебаний на сетке.

Для высококачественного воспроизведения звука усилительная ступень должна работать таким образом, чтобы форма кривой изменения анодного тока в точности соответствовала форме кривой напряжения, снимаемого с звукоснимателя. Только в этом случае ухо не будет ощущать искажений звука.

Однако рассмотренная выше схема ступени усиления не может обеспечить такие требования по той причине, что при положительных полупериодах напряжения на сетке в её цепи проходит ток.

Сеточный ток, протекая через обмотку катушки звукоснимателя, создаёт на ней падение напряжения. Это падение напряже-

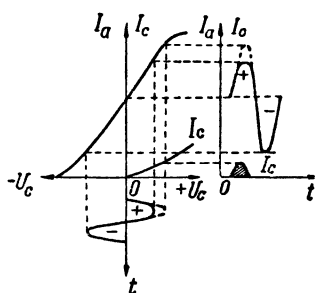


Рис. 28. Искажение формы кривой анодного тока за счёт тока в цепи сетки

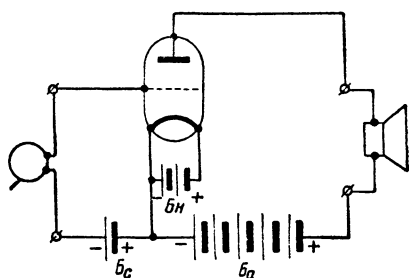


Рис. 29. Включение батарей сеточного смещения

ния, в свою очередь, вызывает уменьшение величины напряжения, снимаемого с звукоснимателя на сетку лампы. Таким образом, при положительных полупериодах напряжения амплитуда напряжения на сетке получается меньше, чем при отрицательных. Соответственно и амплитуда изменения анодного тока при отрицательных полупериодах напряжения на сетке будет больше, чем амплитуда при положительных полупериодах сеточного напряжения. Иными словами, кривая изменения анодного тока будет искажена (рис. 28).

Для предотвращения искажений в маломощных усилительных ступенях режим работы триода выбирается таким, чтобы сеточные токи отсутствовали. Для этого в цепь сетки включают батарею  $B_c$  таким образом, чтобы к катоду был присоединён её плюс, а к цепи сетки её минус (рис. 29). В этом случае управляющая сетка получает некоторое отрицательное напряжение относительно катода. Это напряжение называется напряжением смещения на сетке.

Величина отрицательного сеточного смещения выбирается такой, чтобы она несколько превышала максимальную величину амплитуды переменного напряжения, подаваемого на вход ступени. Благодаря этому при положительных и отрицательных полуперио-

дах сеточного напряжения общее напряжение на сетке всегда остаётся отрицательным. Поэтому сеточный ток не возникает и усилитель работает без искажений.

Величина сеточного смещения выбирается не только из соображений предотвращения сеточного тока. Другим важным фактором, определяющим её величину, является нежелательность работы в области нижнего сгиба характеристики, так как в этом случае кривая изменения анодного тока также искажается. Такое явление имеет место при слишком большом отрицательном смещении или при относительно большой амплитуде колебаний напряжения на сетке (рис. 30).

Поэтому величину сеточного смещения лампы выбирают таким образом, чтобы при максимальной амплитуде напряжения на сетке использовалась только прямолинейная часть характеристики лампы и только в области отрицательных напряжений на сетке.

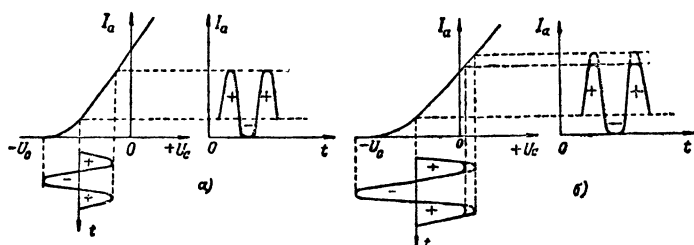


Рис. 30. Искажение формы кривой анодного тока: а) при слишком большом отрицательном смещении, б) при слишком большой амплитуде сеточного напряжения

Для усиления больших напряжений необходимо, чтобы прямолинейный участок характеристики лампы имел достаточную величину. Если при данном анодном напряжении этот участок характеристики недостаточно велик, то для его расширения увеличивают анодное напряжение. Тогда характеристика лампы перемещается влево и её рабочий участок увеличивается (см. рис. 25).

Таким образом, для обеспечения высококачественной работы усилительной ступени необходимо правильно выбрать величину анодного напряжения, величину напряжения сеточного смещения и величину переменного напряжения, подводимого на сетку лампы, другими словами, необходимо правильно подобрать режим работы лампы.

При использовании подогревных ламп батареи сеточного смещения не используются. В этом случае в схеме усилительной ступени употребляется так называемое сопротивление автоматического смещения, включаемое в цепь катода. Пример такой схемы приведён на рис. 31.

Постоянная слагающая анодного тока лампы, проходя через сопротивление автоматического смещения  $R_{см}$ , создаёт на нём падение напряжения, равное произведению анодного тока на величину сопротивления смещения. Это напряжение используется взамен напряжения батареи сеточного смещения.

Для того, чтобы изменение анодного тока не влияло на величину сеточного смещения, сопротивление автоматического смещения шунтируют конденсатором  $C_B$ , имеющим достаточно большую ёмкость.

Обмотка громкоговорителя, подключённая к выходу ступени усиления, обладает некоторым сопротивлением. Благодаря этому проходящий через неё переменный ток создаёт на её концах переменное напряжение, равное произведению сопротивления на величину переменного тока, протекающего через эту обмотку. Это напряжение обычно в несколько раз больше переменного напряжения,

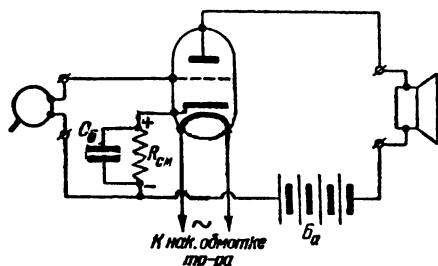


Рис. 31. Схема усилительной ступени с автоматическим смещением на сетку.

приложенного к сетке лампы (или, как говорят, на входе ступени). Отношение переменного напряжения на выходе ступени к переменному напряжению, приложенному к её входу, называется коэффициентом усиления ступени. Величина коэффициента усиления ступени тем больше, чем больше коэффициент усиления лампы.

В усилительной ступени мощность, выделяемая переменным током в её анодной цепи, значительно превышает мощность тока, затрачиваемую в её сеточной цепи. Происходит это вследствие того, что в анодной цепи используется энергия анодной батареи. В цепи сетки расходуется лишь незначительная мощность, необходимая для управления величиной тока, проходящего в анодной цепи.

На вход усилительной ступени, изображённой на рис. 26, от звукоусилителя подаётся незначительное переменное напряжение (десятые доли вольта). Поэтому такая ступень, работающая на триоде, оказывается не в состоянии обеспечить достаточную мощность переменного тока в цепи громкоговорителя, и потому звучание громкоговорителя получается слабым. Для того, чтобы получить громкое воспроизведение звукозаписи, обычно применяют не одну ступень усиления, а две. В этом случае на выход первой ступени вместо громкоговорителя включают активное сопротивление. Переменное падение напряжения звуковой частоты, создаваемое на этом сопротивлении переменной составляющей анодного тока, подают на вход второй ступени усиления и громкоговоритель включают на её выход.





## ЭКРАНИРОВАННАЯ ЛАМПА (ТЕТРОД)



Л Я получения на выходе радиоприёмника или другого радиоприбора достаточно большой мощности необходимо большое усиление малых переменных напряжений как низкой, так и высокой частоты. С помощью одной усилительной ступени не удаётся осуществить значительное усиление слабых сигналов отдалённых радиостанций. Поэтому приходится применять несколько усилительных ступеней. Вследствие этого аппаратура усложняется и удорожается. Для того, чтобы получить большое усиление при небольшом числе ступеней, необходимо применять лампы с большим коэффициентом усиления. Применение триодов в этом случае не всегда даёт удовлетворительные результаты, так как они обладают сравнительно малым коэффициентом усиления (до 100).

Как уже указывалось, коэффициент усиления триода зависит от воздействия сетки и анода на вылетающие из катода электроны. Чем больше влияние сетки и меньше влияние анода, тем больше коэффициент усиления триода.

Для повышения коэффициента усиления триода между его управляющей сеткой и анодом помещают дополнительную сетку, называемую экранирующей. В этом случае в лампе вместо трёх электродов становится четыре. Такую лампу называют тетродом или экранированной лампой. К экранирующей сетке подводят постоянное положительное напряжение по отношению к катоду. Благодаря этому влияние анода, отделённого от катода двумя сетками, на электроны, вылетающие из катода, уменьшается, а коэффициент усиления лампы увеличивается. Сам анод в этом случае притягивает электроны очень слабо, зато положительно заряженная экранирующая сетка, ближе расположенная к катоду, сильно притягивает вылетающие из него электроны. Поэтому они, набрав большую скорость, по инерции пролетают сквозь неё к аноду и создают в его цепи анодный ток. При этом небольшое число электронов попадает на экранирующую сетку и создаёт в её цепи ток, который называют током экранирующей сетки. Для того, чтобы этот ток был небольшим, величина положительного напряжения экранирующей сетки должна составлять 25—50% от величины анодного напряжения.

Существенная роль экранирующей сетки сказывается также и в том отношении, что она резко уменьшает ёмкостную связь между сеткой и анодом, благодаря чему устраняется возможность вредного явления, при котором лампа вместо усиления подводит к

ней колебаний сама служит причиной возникновения колебаний некоторой частоты — генерации.

Схема включения тетрода показана на рис. 32. Как видно из этой схемы, экранирующая сетка питается от анодной батареи.

Ток экранирующей сетки (так же как и анодный ток) зависит от напряжения на управляющей сетке. Для нормальной работы экранированной лампы требуется, чтобы напряжение экранирующей сетки оставалось постоянным и не зависело от изменения тока в её цепи.

Чтобы предотвратить появление вредного переменного напряжения на экранирующей сетке, её соединяют с катодом через конденсатор достаточно большой ёмкости. В этом случае благодаря малому сопротивлению этого конденсатора для переменного тока переменное напряжение на экранирующей сетке становится незначительным.

Тетрод по сравнению с триодом имеет значительные преимущества, заключающиеся в том, что благодаря малой ёмкостной связи между управляющей сеткой и анодом, он, в отличие от триода, может использоваться в схемах усиления высокой частоты. Кроме того, тетроды обладают высоким коэффициентом усиления (150—400).

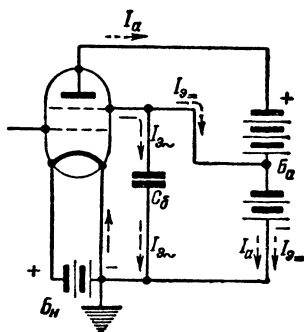


Рис. 32. Схема включения тетрода:  $I_{g\sim}$  — переменная составляющая тока экранирующей сетки,  $I_{g=}$  — постоянная составляющая тока экранирующей сетки

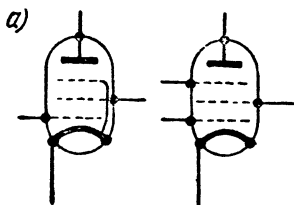




## ПЯТИЭЛЕКТРОДНАЯ ЛАМПА (ПЕНТОД)



**ПЕНТРОД**, несмотря на свои преимущества по сравнению с триодом, всё же не свободен от недостатков. Основным недостатком тетрода является наличие в нём так называемой вторичной эмиссии. Последняя выражается в том, что электроны, ударяя об анод, выбивают из него электроны, которые называют вторичными электронами.



Около анода из вторичных электронов образуется отрицательный пространственный заряд, а при некоторых условиях, когда напряжение на экранирующей сетке оказывается большим, чем анодное, в её цепи возникает ток вторичных электронов. Вследствие этого анодный ток падает и нормальная работа тетрода нарушается.

Явление вторичной эмиссии имеет место и в триоде. Однако вылетающие из анода триода электроны возвращаются обратно на анод, так как они не могут притянуться управляющей сеткой, потенциал которой обычно значительно ниже анодного. Поэтому у триода вторичная эмиссия электронов не нарушает работы лампы.

Для устранения вторичной эмиссии между экранирующей сеткой и анодом помещают ещё одну сетку, которую называют защитной. Эту сетку обычно соединяют с катодом. Таким образом, в лампе становится уже не четыре, а пять электродов и её называют пентодом (рис 33).

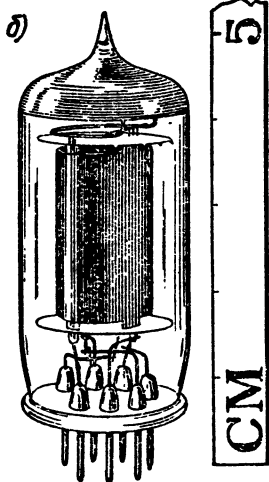


Рис. 33. Пентод:

а) изображение пентода на схемах,  
б) миниатюрный пентод типа 2П1П.  
Лампы, имеющие такую конструкцию,  
называются пальчиковыми

В пентоде вторичные электроны, выбитые из анода, не могут долететь до экранирующей сетки, так как они отталкиваются защитной сеткой, имеющей отрицательный потенциал относительно анода, вследствие этого они попадают обратно на анод.

Защитная сетка делается редкой, поэтому она не препятствует пролетанию электронов из катода на анод. В некоторых конструкциях пентодов защитная сетка соединяется с катодом внутри лампы, в этом случае она не имеет отдельного вывода на цоколе. В ряде ламп эта сетка имеет самостоятельный вывод (рис. 33а). Благодаря наличию защитной сетки влияние анода на вылетающие

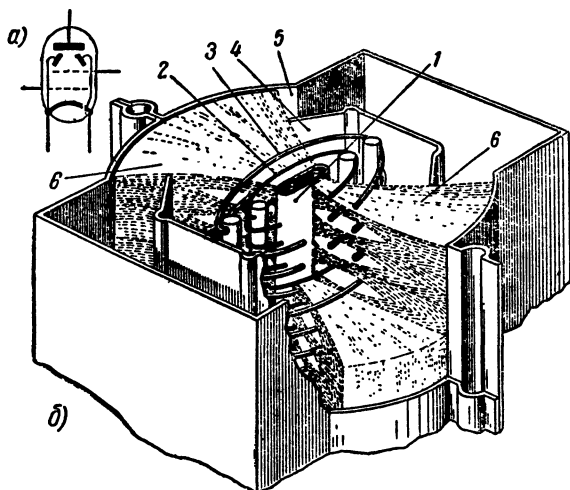


Рис. 34 Лучевой тетрод:

а) схема, б) устройство и расположение электродов  
1 — катод, 2 — управляющая сетка, 3 — экранирующая  
сетка, 4 — дополнительные экраны, 5 — анод, 6 —  
лучи потока электронов

из катода электроны ещё меньше, чем у тетрода. Поэтому коэффициент усиления пентодов выше, чем у тетродов, у некоторых типов ламп он достигает нескольких тысяч. Схема включения пентода не отличается от схемы включения тетрода.

Пентоды благодаря своим высоким качествам нашли широкое распространение в радиоаппаратуре.

Кроме пентодов, в настоящее время широко используются так называемые лучевые тетроды. В этих лампах явление вторичной эмиссии устраняется не с помощью защитной сетки, как в пентодах, а благодаря специальному расположению электродов. В такой лампе управляющая и экранирующая сетки имеют одинаковое количество витков и располагаются так, что электроны пролетают от катода к аноду лучами (рис. 34). Для предотвращения столкновения электронов с проводами, на которых укреплены сетки, про-

тив них размещены специальные экраны, соединённые с катодом. Эти экраны, обладающие отрицательным потенциалом относительно анода, отталкивают электроны и поэтому последние двигаются так, как показано на рис. 34. В лучевом тетроде экранирующая сетка гораздо более отдалена от анода, чем в обычном тетроде. В том случае, когда положительный потенциал экранирующей сетки выше, чем потенциал анода, она затормаживает часть электронов, летящих к аноду, благодаря этому в пространстве между экранирующей сеткой и анодом эти заторможенные электроны создают отрицательный пространственный заряд. Последний выполняет функции защитной сетки, так как под его воздействием электроны, выбитые из анода, возвращаются к нему обратно.

Достоинством лучевой лампы является малый ток экранирующей сетки. Эти лампы употребляются, главным образом, в усилителях низкой частоты и в схемах генераторов высокой частоты.





## СЛОЖНЫЕ ЛАМПЫ



В СОВРЕМЕННОЙ аппаратуре часто употребляются сложные многосеточные и комбинированные лампы.

Примеры схем многосеточных ламп показаны на рис. 35. Их основным назначением является преобразование частоты в суперге-

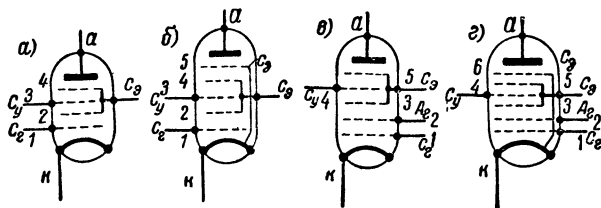


Рис. 35. Схемы многосеточных ламп:

а) гексод, б) пентагрид-смеситель, в) пентагрид-преобразователь, г) октод;

$C_y$  — сетка управляющая (сигнала),  $C_z$  — сетка экранирующая,  $C_3$  — сетка защитная,  $A_2$  — сетка, используемая в качестве анода гетеродина,  $C_2$  — сетка управляющая гетеродина

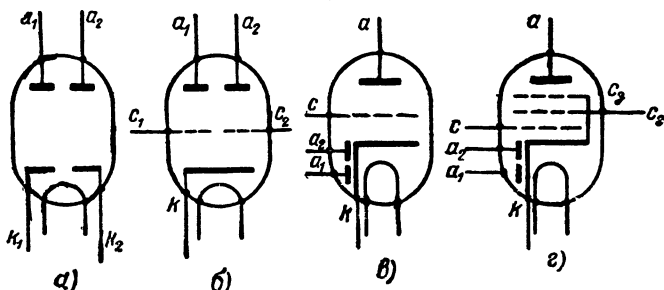


Рис. 36. Схематическое изображение комбинированных ламп:

а) двойной диод, б) двойной триод, в) двойной диод-триод, г) двойной диод-пентод

теродинных приёмниках. Эти лампы имеют две управляющие сетки, к которым подводятся два различных по частоте напряжения, под действием которых изменяется анодный ток.

Благодаря этому имеется возможность выделить в анодной цепи такой лампы напряжение, частота которого равна разности частот, подведённых к обоим управляющим сеткам лампы. Остальные сетки в многосеточных лампах в зависимости от их назначения включаются по-разному.

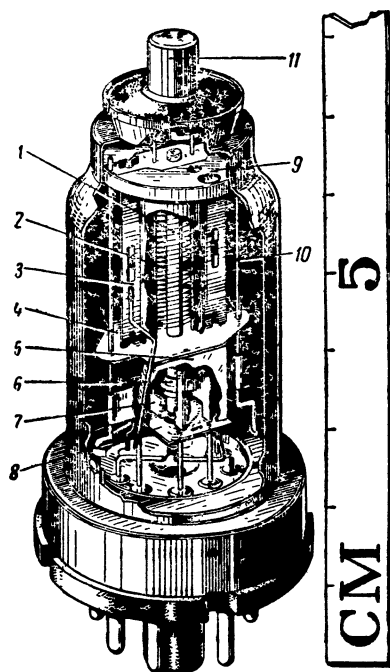


Рис. 37. Двойной диод-триод типа 6Г7:

1 — катод, 2 — управляющая сетка, 3 — анод триода, 4 — слюдяная пластина, 5 — металлический экран, 6 и 7 — аноды диодов, 8 — слюдяная пластина, 9 и 10 — детали крепления электродов, 11 — вывод управляющей сетки

катодов бывает несколько. Применение таких ламп сокращает размеры аппаратуры и уменьшает расход электроэнергии для её питания.

Примеры схем комбинированных ламп показаны на рис. 36, а пример конструкции металлической комбинированной лампы на рис. 37. Применяются комбинированные лампы, главным образом, в радиоприёмной аппаратуре.

У так называемых гексо-дов—четыре сетки, у пента-гридов-смесителей — пять сеток, у пентагридов-преобразователей также пять сеток и, наконец, у октодов—шесть сеток. Лампы первых двух типов являются смесителями двух частот—частоты сигнала радиостанции и частоты местного отдельного гетеродина (вспомогательного генератора высокой частоты). Лампы двух последних типов служат для преобразования частоты. У них первая и вторая сетки вместе с катодом работают в схеме гетеродина, причём первая сетка является сеткой гетеродина, а вторая служит его анодом. Назначение сеток многосеточных ламп пояснено на рис. 35.

Кроме многосеточных ламп, широкое распространение нашли комбинированные лампы, представляющие собой комбинации из нескольких ламп рассмотренных нами типов, помещённых в один общий баллон. Как правило, такие лампы имеют общую нить накала и один катод, иногда





## ПРОВЕРКА И ЗАМЕНА ЛАМП



АК уже отмечалось, катод лампы со временем теряет способность излучать электроны. Кроме того, иногда в лампе появляются и другие неисправности: перегорание нити накала, замыкание электродов, наличие газа в баллоне и т. д. Любая из перечисленных неисправностей нарушает нормальную работу радиоаппаратуры. Поэтому для выяснения причин неисправности аппаратуры прежде всего проверяют работу ламп. Проверить лампу можно простейшими приборами. С помощью пробника (рис. 38) легко проверить целостность нити и отсутствие замыканий между электродами. При наличии замыкания между электродами стрелка прибора пробника отклонится.

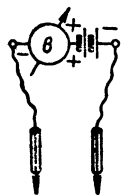


Рис. 38. Схема пробника

Для проверки эмиссии ламп можно использовать одну из схем, изображённых на рис. 39. При наличии источников постоянного тока проверку производят по схеме рис. 39а. В этом случае к лампе подключают нормальное напряжение накала, а анод и

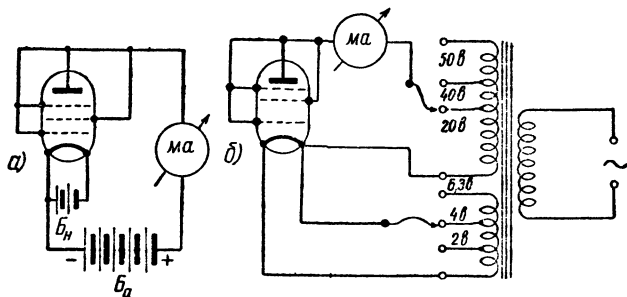


Рис. 39. Схемы для проверки эмиссии ламп:  
а) при наличии источников постоянного тока, б) при питании от сети переменного тока

сетки соединяют между собой, поэтому они ведут себя, как один общий анод. Для измерения тока эмиссии в цепь этого общего анода включают миллиамперметр постоянного тока. При измерении эмиссии необходимо точно устанавливать напряжение накала испы-



тываемой лампы. Величина анодного напряжения при испытании ламп металлической серии должна быть порядка 50 в, а при испытании малогабаритных ламп 20 в.

При наличии источника переменного тока лампы удобно проверять по схеме рис. 39 б. В этом случае необходимо иметь небольшой силовой трансформатор. Первичная обмотка этого трансформатора должна соответствовать напряжению сети переменного тока. Накальная обмотка должна иметь отводы для включения

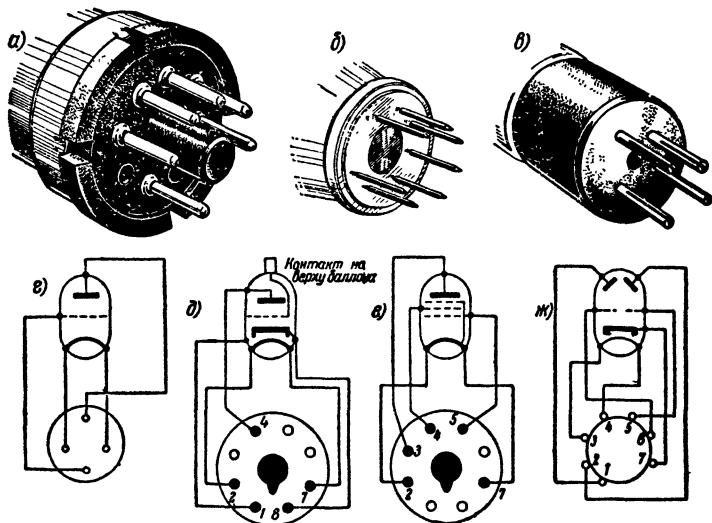


Рис. 40. Виды цоколей и цоколёвки ламп различных типов:  
а) октальный цоколь, б) цоколь пальчиковой лампы, в) четырехштырьковый цоколь, г) цоколевка четырехштырьковых триодов, д) цоколевка лампы 6Ф5, е) цоколевка ламп 2П1, 2П2, ж) цоколевка пальчиковой лампы 2Н1П

ламп с напряжением накала 2, 4, 5 и 6,3 в. Анодная обмотка также должна быть секционирована для того, чтобы с неё можно было снимать напряжения 20, 40 и 50 в.

Убедиться в нормальной работе лампы часто можно и не вынимая её из аппаратуры. Для этого сначала проверяют накал ламп. У стеклянных подогревных ламп при нормальном накале видно свечение катода. У металлических ламп в этом случае баллон лампы прогревается. По этим признакам легко проверить, накаливается ли катод или нет.

Если лампы накаливаются нормально, с помощью высокоомного вольтметра проверяют напряжения на аноде и сетках ламп. Для этого прежде всего знакомятся с их цоколёвкой, используя справочники по лампам или заводские описания аппаратуры. Цоколёвка некоторых ламп показана на рис. 40. Измерение напряже-

ний производят непосредственно на ножках лампы. При этом следует соблюдать осторожность, чтобы не попасть под высокое напряжение и не сжечь прибор. Затем следует проверить величину анодного тока лампы, включая в её анодную цепь миллиамперметр. В случае, если лампа имеет индивидуальное сопротивление автоматического смещения, измерение анодного тока может быть заменено измерением падения напряжения на этом сопротивлении. Зная величину последнего, легко найти ток в цепи катода лампы.

Если измерение напряжений и анодного тока даёт нормальные для данного типа лампы величины (эти данные приводятся в справочниках), то лампа исправна и режим её правилен.

Неисправные лампы подлежат замене на соответствующие однотипные исправные лампы. Однако подобрать лампу нужного типа взамен вышедшей из строя не всегда удаётся. Поэтому иногда приходится заменять лампы одного типа лампами других типов. В этом случае необходимо, чтобы вновь устанавливаемая лампа имела одинаковые или близкие по величине параметры с параметрами заменяемой лампы. Желательно, чтобы обе лампы имели одинаковое напряжение накала и цоколёвку. В случае, если это условие не соблюдается, замена ламп может быть произведена только при условии некоторой переделки схемы. Для этой цели иногда изготовляют специальные переходные цоколи.

Вместо одной комбинированной лампы иногда можно использовать две соответствующие простые лампы. Так, например, двойной диод-триод может быть заменён двойным диодом и отдельным триодом. В этом случае эти лампы монтируют на специальной переходной панельке, снабжённой одним общим цоколем для включения в ламповое гнездо заменяемой лампы.

Сложные лампы во многих случаях могут использоваться взамен простых ламп. Так, например, пентод может быть использован в качестве триода, для этой цели его экранирующую сетку соединяют с анодом.

О назначении и особенностях того или иного типа лампы можно судить по её условному наименованию. Согласно утверждённой в 1950 г. Всесоюзным комитетом стандартов новой системе обозначений электровакуумных приборов (ГОСТ-5461-50) условное наименование любой электронной лампы состоит из четырёх элементов (цифр и букв), каждый из которых имеет особое значение. Так, у ламп и кенотронов, относящихся к категории приёмно-усилительных ламп, первый элемент условного обозначения представляет собой цифру, указывающую округлённо напряжение накала в вольтах.

Второй элемент наименования этой категории ламп обозначается одной буквой: так буква *Д* означает диод, *Х* — двойной диод, *С* — триод, *Э* — тетрод, *П* — выходной пентод или лучевой тетрод, *К* — экранированный пентод или лучевой тетрод с удлинённой характеристикой, *Ж* — то же, но с короткой характеристикой, *А* — частотно-преобразовательная лампа с двумя управляющими сетками, *Г* — триод с одним или двумя диодами, *В* — пентод с одним или двумя диодами, *Н* — двойной триод, *Ф* — триод-пентод, *Ц* — кенотрон и т. д.

Третий элемент наименования ламп и кенотронов, относящихся к категории приёмно-усилительных ламп, обозначается цифрой, не имеющей специального значения, но предназначенной для различения ламп одинаковой конструкции и назначения.

Четвёртый элемент условного обозначения ламп вышеупомянутой категории представляет собой одну букву, характеризующую тип конструктивного оформления лампы. Так, буква С означает лампу со стеклянным баллоном, Ж — лампу типа жёлудь, П — лампу пальчикового типа и т. д. Лампы с металлическими баллонами четвёртого элемента условного обозначения не имеют.

Например, если лампа обозначается 5Ц4С, то это значит, что она представляет собой кенотрон четвёртого типа с напряжением накала 5 в, со стеклянным баллоном. Условное обозначение 6К7В означает экранированный пентод с напряжением накала 6,3 в, с удлинённой характеристикой, седьмой тип, со стеклянным баллоном. Условное наименование 6К7 обозначает такую же лампу с металлическим баллоном.

Во всех случаях при замене, проверке и испытании ламп необходимо пользоваться справочными данными, содержащими сведения о параметрах и режимах ламп различных типов и их цоколёвке. Такие данные по некоторым распространённым типам ламп, используемым в радиоприёмниках, приведены в приложениях (см. табл. 3 и 4).



## ДАННЫЕ ЛАМП

Таблица 3

№ пп.	Обозначение <sup>1)</sup>	Цоколёвка <sup>2)</sup>	Т и п	Накала		Напряжение на аноде	Напряжение на экр. сетке	Напряжение смещения	Анодный ток	Ток экрани- рующих сетки	Кривизна	Коэффициент усиления	Внутреннее сопротивление	Сопротивле- ние нагрузки	Выходная мощность	Максимально допустимая рас- сеян. на аноде
				напряже- ние	ток											
<b>Батарейные лампы</b>																
1	СВ-242, 2A1M . . . . .	1	Пентагрид . . . . .	2	0,16	120	70	0	2,2	2,3	$S_C = -0,45$	—	150	—	—	0,7
2	2K2M . . . . .	2	Пентод вч . . . . .	2	0,06	120	70	-0,5	2,0	0,6	0,95	950	1000	—	—	0,5
3	2Ж2M . . . . .	2	Пентод универ- сальный . . . . .	2	0,06	120	70	-1,0	1,0	0,3	0,8	1200	1500	—	—	0,5
4	СО-243, 2H1M . . . . .	3	Двойной триод . . . . .	2	0,24	120	—	-2,0	1,2	—	0,8	32	80	3	0,8	1,5
5	2П2M, СБ-263 . . . . .	рис. 40а	Пентод оконечный . . . . .	2	0,32	160	120	-6,0	10,0	1,7	2,0	175	20	20	0,45	2,0
<b>Сетевые лампы</b>																
6	6A3 . . . . .	4	Пентагрид . . . . .	6,3	0,3	250	100	-3,0	3,0	2,7	$S_C = -0,51$	—	360	—	—	1,0
7	6A7 (6SA7) . . . . .	5	Пентагрид уни- версальный . . . . .	6,3	0,3	250	100	0	3,5	8,5	$S_C = -0,45$	—	1000	—	—	1,0
8	6K7 . . . . .	6	Пентод вч . . . . .	6,3	0,3	250	125	-3,0	10,5	2,6	1,65	1200	600	—	—	2,25
9	6Ж7 . . . . .	6	Пентод универ- сальный . . . . .	6,3	0,3	250	100	-3,0	2,0	0,5	1,2	1400	1200	—	—	0,75
10	6X6 . . . . .	7	Двойной диод . . . . .	6,3	0,3	125	—	—	4,0	—	—	—	—	—	—	—
11	6Г7, 6Q7 . . . . .	8	Двойной диод- триод . . . . .	6,3	0,3	250	—	-3,0	1,1	—	—	70	58	—	—	2,0
12	6Ф5 . . . . .	рис. 40б	Триод . . . . .	6,3	0,3	250	—	-2,0	0,9	—	1,5	100	66	—	—	0,4
13	6Ф6 . . . . .	9	Пентод оконечный . . . . .	6,3	0,7	250	250	-16,5	24,0	7,0	2,5	—	78	7	3,2	10,0
14	6П3С (6П3) 6Л6, 6Л6С . . . . .	10	Лучевой тетрод . . . . .	6,3	0,9	250	250	-14,0	72,0	5,0	6,0	135	22,5	2,5	6,5	20,0
15	5Ц4С . . . . .	11	Двуханодный ке- ноотрон . . . . .	5	2	350	—	—	125	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> В этой брошюре жирным шрифтом даны новые обозначения ламп согласно ГОСТ'у 5461-50.

<sup>2)</sup> См. 2-я стр. 46.

## ЗАМЕНА РАДИОЛАМП

Заменяемая лампа <sup>1)</sup>	Заменяющие лампы	Отличие заменяющих ламп от заменяемых, которое следует учитывать при замене
-----------------------------------	---------------------	---

## Батарейные лампы

УБ-107	УБ-240	Другая цоколёвка, другое напряжение накала, другой режим
УБ-110	УБ-240 или СО-243 (один триод)	То же
УБ-132	СБ-244 или СБ-258 (триодное вклю- чение)	„
СБ-112	2Ж2М	„
СБ-147	2Ж2М	„
УБ-152	УБ-240	„
СБ-154	2К2М	„
СБ-155	СБ-244 или СБ-258	„
СБ-241	2К2М	Другой ток накала
СО-241	2К2М	„ „ „
СБ-244	СО-244	
СБ-258	СО-258	
2П2М	СБ-244	
2Ф2М	УБ-240	

## Сетевые лампы

6А9Н	6А7 (6SA7) или 6А10	
6Б8М	6Г7С	Другая цоколёвка, другой режим, может потребоваться экранировка
6Г7	6Г7С	Может потребоваться экранировка
6Д1М	6А8 или 6А7 (6SA7)	Другая цоколёвка, другой режим
6Ж2М	6Ж4 (6AC7)	Другая цоколёвка
6Ж3М	6Ж4 (6AC7)	Другая цоколёвка, другой режим
6Л6	6П3С (6П3)	
6Л6С	6П3С (6П3)	
6Л7	6А8 или 6А7(6SA7)	Другая цоколёвка, другой режим
6Н7	6Н7С	Может потребоваться экранировка
6П5С	Г-411	Другая цоколёвка, другое напряжение накала
6Р7	6Г7С	Другой режим
6Ф5	6Ф5М	
6Ф6	6Ф6С	

Продолжение табл. 4

Заменяемая лампа <sup>1)</sup>	Заменяющие лампы	Отличие заменяющих ламп от заменяемых, которое следует учитывать при замене
6Ф6М	6Ф6С	
5Х6	6Х6М	
15А6С	25П1С или 30П1М	Другое напряжение накала, другой режим
УС-104	УО-188	
СО-118	6Н7С (один триод)	Другая цоколёвка, другой режим, другое напряжение накала
ПО-119	6С5	То же
СО-122	4Ф6С	
СО-124	4Ж5С	
СО-148	4Ж5С	Другой режим
СО-182	4Ж5С	То же
СО-183	6А8	Другая цоколёвка, другое напряжение накала, другой режим
СО-185	6Г7С	То же
СО-187	4Ф6С, 6Ф6С или 6ПЗС (6ПЗ)	Другая цоколёвка, другой режим, другое напряжение накала (6Ф6С и 6ПЗ)
СО-193	6Г7С	Другая цоколёвка, другое напряжение накала, другой режим

## Кенотроны

ВО-118	ВО-188	
ВО-125	6Х5С или 5Ц4С	Другая цоколёвка, другое напряжение накала
ВО-202	6Х5С или 5Ц4С	
ВО-255	5Ц4С	
ВО-230	В-360	
В-510	1Ц1	Другая цоколёвка, другое напряжение накала
В-879	2Х2/879	То же
В-879М	2Х2/879	
2В-400	ВО-188	
5Ц4	5Ц4С	

<sup>1)</sup> В этой графе указаны лампы, используемые в ранее выпущенной радиоаппаратуре.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Испускание электронов накаливаемыми телами . . . . .	5
Двухэлектродная лампа (диод) . . . . .	9
Использование кенотронов . . . . .	17
Трёхэлектродная лампа (триод) . . . . .	20
Применение триода . . . . .	27
Экранированная лампа (тетрод) . . . . .	32
Пятиэлектродная лампа (пентод) . . . . .	34
Сложные лампы . . . . .	37
Проверка и замена ламп . . . . .	39
Приложения . . . . .	43

---

Редактор В. Л. Лебедев.

Техн. редактор Т. М. Морозова.

---

Л104598. Сдано в набор 30/XI 1950 г. Подписано к печати 24/III 1951 г.,  
Тираж 75 000 экз. Бумага 84×108, доля  $\frac{1}{32}$ . 2,46 печ. л. = 0,75 бум. л.  
2,7 авт. л., 2,81 уч.-изд. л. Зак. изд. 4156. Зак. тип. 4514  
Цена 1 руб. 40 коп.

---

Тип. изд-ва «Московская правда». Москва, Чистые пруды, 8.



**Цена 1 р. 40 к.**