

А. Азатьян

Первое требование, которому должны отвечать колхозные радиоузлы, питаемые от электрохимических источников тока, заключается в экономичности, которая определяется главным образом типом, количеством и режимом работы ламп в их оконечных ступенях.

Описываемый ниже высокочастотный пентод 4П1Л отличается малым потреблением энергии на накал нити. Поэтому пентоды этого типа и выбраны для применения в оконечной, а также предоконечной ступенях колхозного радиоузла КРУ-10. Два таких пентода отдают на выходе мощность до 10 вт.

Баллон пентода 4П1Л стеклянный цилиндрический. Конструкция его цокольной части (см. рисунок) полностью исключает возможность отрыва цоколя от баллона. Штырьки лампы заштампованы в стеклянное дно и образуют вместе с ним так называемую плоскую ножку. Алюминиевый цокольный вкладыш прикреплен к ней с помощью алюминиевой же гильзы, под которой проложена гофрированная полоска из тонкой никелевой ленты.

Ключ цоколя лампы 4П1Л, имеющий, как и ключ октального цоколя, направляющую бородку, отличается от последнего наличием шейки. Когда этот пентод вставляется в ламповую панельку, шейка ключа захватывается специальными пружинами, имеющимися в этой панельке. Такой цоколь называется замковым или локтальным. Достаточная жесткость конструкции внутренних частей пентода и наличие у него замкового цоколя позволяют устанавливать эту лампу для работы в любое положение и исключают возможность случайного выпадения ее из панельки.

Вольфрамовый оксидированный катод прямого накала пентода 4П1Л имеет форму буквы М. От середины катода сделан вывод, что дает возможность соединять его половины последовательно или параллельно.

Расстояние между обращенными друг к другу поверхностями катода и управляющей сетки составляет всего 0,3 мм. Во избежание провисания катода и соприкосновения его с сеткой, которое может произойти из-за удлинения катода при накаливании, на верхней слюдяной пластинке укреплены две пружинки, которые всегда держат катод в натянутом состоянии.

Для лучшего охлаждения анод зачернен и имеет продольные ребра, выполняющие также и роль стоек, крепящих его к нижней и верхней слюде.

В лампе имеются внутренние штампованные экраны сложной формы, которые снижают проходную емкость и тем самым дают возможность использовать пентод не только в низкочастотных, но и высокочастотных ступенях. Верхний и нижний экраны соединяются с пятым штырьком при помощи никелевого стерженька. Верхняя часть блока электродов укреплена при помощи двух слюдяных сережек, имеющих на верхней слюде и упирающихся на внутренние стенки стеклянного баллона.

Катод пентода 4П1Л можно накаливать как от четырехвольтового, так и от двухвольтового источника питания. При последовательном включении половин катода номинальное напряжение накала должно быть равно 4,2 в, а ток накала — 325 ма; при параллельном включении — 2,1 в и 650 ма. Следовательно, номинальная мощность, потребляемая лампой на накал, в обоих случаях равна 1,37 вт.

Предельные режимы пентода 4П1Л следующие: напряжение накала максимальное 4,7 в и минимальное — 3,9 в (при параллельном соединении половин нитей — соответственно 2,35 и 1,95 в); максимальные допустимые напряжения на аноде и на экранирующей сетке — 250 в; максимальная мощность, рассеиваемая анодом, — 7,5 вт и экранирующей сеткой — 1,5 вт; максимальная допустимая постоянная составляющая тока катода (сумма постоянных составляющих токов анода и сеток) — 50 ма.

Во избежание сокращения срока службы ламп не следует даже на короткое время превышать эти нормы. Кроме того, напряжение накала не должно снижаться дальше допустимого минимума, так как работа оксидированного катода при пониженной температуре ведет к падению его эмиссии.

Испытание пентодов 4П1Л на заводе-изготовителе производится в следующем режиме (половины нити накала соединены последовательно): напряжение накала — 4,2 в, ток накала — 325 ма, напряжение на аноде и на экранирующей сетке — 150 в, напряжение на управляющей сетке — минус 7 в. При этом ток анода лампы с номинальными параметрами равен 35 ма и ток экранирующей сетки не более 6,5 ма.

Крутизна характеристики лампы в этом режиме работы 6 ма/в.

Входная емкость пентода 4П1Л равна 8,5 пф, проходная не более 0,1 пф и выходная — 9 пф.

При триодном включении лампы 4П1Л она имеет при анодном токе 40 ма, крутизну характеристики 6,5 ма/в, коэффициент усиления — 8,5 и внутреннее сопротивление — 1300 ом.

Ориентировочный срок службы лампы 4П1Л при правильной эксплуатации — не менее 1000 часов.

В эксплуатации определенные преимущества представляет параллельное соединение половин нити накала.

Рекомендуемые режимы работы ламп типа 4П1Л в оконечных ступенях усилителей низкой частоты приведены ниже в таблице.

В режимах IX и XI лампы работают без токов в цепи управляющих сеток. При работе же ламп в режимах X и XII, в цепях их управляющих сеток возникают довольно значительные импульсы сеточного тока, в связи с чем предыдущая ступень усиления должна иметь значительную мощность. Мощность, необходимая для возбуждения двухтактной ступени

в режиме X (60 мвт), может быть получена от ступени усиления с лампой 2П1П. Для получения мощности 600 мвт, необходимой для возбуждения оконечной ступени в режиме XII, в предоконечной ступени следует применять лампу типа 4П1Л, работающую в режиме VI.

Семейства характеристик пентода 4П1Л для напряжений на экранирующей сетке $U_э$, равных 90, 120, 150, 180 и 210 в, приведены на третьей странице обложки этого номера журнала¹.

Первое семейство характеристик дано для $U_э=90$ в потому, что дальнейшее его уменьшение ведет к значительному снижению выходной мощности. Так, например в режиме B_1 (угол отсечки анодного тока 90° , ток в цепи первой сетки отсутствует) при анодном напряжении $U_a=250$ в и напряжении на экранирующей сетке $U_э=90$ в мощность, отдаваемая лампой, равна около 1,5 вт, а при $U_a=U_э=90$ в отдаваемая мощность составляет всего 0,4 вт. Использование пентода 4П1Л в последнем режиме нецелесообразно, так как такую мощность можно получить, применяя лампы других типов с меньшей мощностью накала. Для работы в режиме B_2 (который характеризуется заходом напряжения на управляющей сетке в область положительных потенциалов) практический интерес также представляют характеристики для $U_э$ примерно от 90 в и выше.

Наибольшее напряжение на экранирующей сетке принято равным 210 в, т. е. меньше предельно допустимого потому, что дальнейшее его увеличение ставит экранирующую сетку лампы в чрезвычайно тяжелый тепловой режим, при котором может выделиться газ и ухудшиться вакуум в баллоне. Кроме того, нужно учитывать, что с увеличением напряжения на второй сетке снижается коэффициент использования анодного напряжения, в значительной степени определяющий КПД ступени усиления мощности.

Рассмотрим приводимые кривые зависимости анодного тока I_a от напряжения на аноде U_a лампы 4П1Л с точки зрения использования ее в оконечной ступени усилителя низкой частоты.

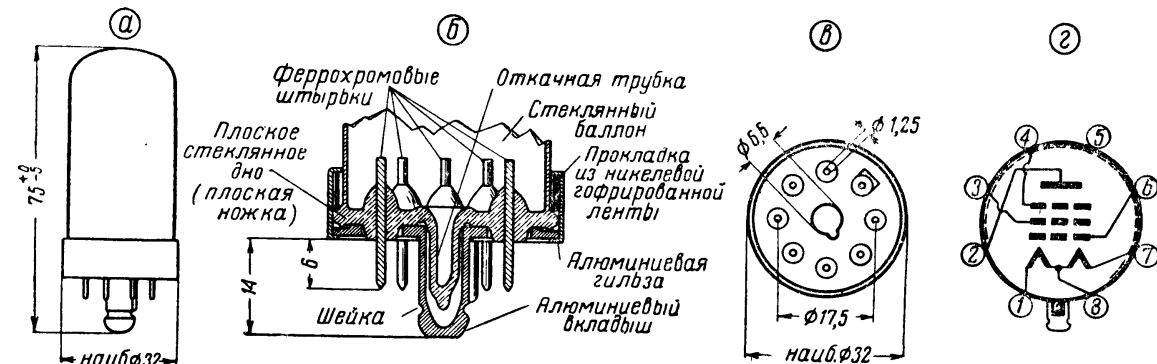
Как известно, при активной анодной нагрузке в моменты наибольших положительных значений напряжений на управляющей сетке получаются

одновременно наибольшие значения анодного тока и наименьшие анодные напряжения. Поэтому из соображений хорошего использования лампы желательно, чтобы при малых анодных напряжениях кривые располагались в области больших анодных токов. Хороший пентод для усиления мощности должен иметь такие характеристики, чтобы при остаточном напряжении на аноде, составляющем примерно $20 \div 25\%$ от напряжения на экранирующей сетке, импульс анодного тока мог бы не менее чем в три раза превышать допустимую величину постоянной слагаемой анодного тока.

Для пентода 4П1Л максимально допустимый ток катода равен 50 ма. Поэтому при напряжении на экранирующей сетке, например, 150 в (см. соответствующее семейство характеристик) и остаточном напряжении на аноде в величину импульса анодного тока должна быть не меньше 150 ма. Однако импульсы анодного тока такой величины в лампе 4П1Л могут быть получены при анодном напряжении не менее $80 \div 90$ в. Это весьма сильно снижает КПД усилительной ступени с пентодом 4П1Л из-за плохого использования анодного напряжения.

Кроме недостаточной крутизны линии критического режима, обращает на себя внимание отсутствие у характеристик пентода 4П1Л так называемых колен (мест довольно резко выраженного перехода круто восходящих частей характеристик в пологие). Сильный наклон кривых в этой области сам по себе не являлся бы недостатком, если бы кривые проходили большие значения анодных токов при малых напряжениях на аноде. Однако именно вследствие присущей пентоду 4П1Л сильной зависимости анодного тока от анодного напряжения в области средних и пониженных напряжений значительные токи анода могут иметь место только при больших анодных напряжениях; при малых напряжениях на аноде получаются токи значительно меньшие импульса желаемой величины.

Рассматривая характеристики зависимости токов экранирующей сетки от напряжений на аноде, можно заметить, что и по характеристикам этого рода пентод 4П1Л недостаточно хорош. Токи этой сетки, которые при обычном применении пентода не используются, чрезмерно велики. При понижении анодного напряжения ток экранирующей сетки возрастает настолько рано и настолько сильно, что его величина даже при таком большом остаточном напряжении на аноде, как 50—60 в, заметно превышает импульс анодного тока необходимой величины.



Пентод 4П1Л: а — внешний вид; б — устройство цокольной части; в — расположение штырьков; г — схема цоколевки

Наблюдаемое при понижении анодного напряжения увеличение тока экранирующей сетки и уменьшение анодного тока тесно связаны друг с другом. Эти изменения токов имеют место вследствие перераспределения потока электронов, прошедших сквозь управляющую сетку, между анодом и экранирующей сеткой. Такое перераспределение тока при снижении анодного напряжения, как известно, имеет место во всех пентодах, но в пентоде типа 4П1Л это нежелательное явление выражено слишком сильно. Сильная зависимость токораспределения в области средних и пониженных напряжений на аноде объясняется тем, что ток экранирующей сетки в значительной степени образуется теми электронами, которые прошли мимо ее витков, затем были заторможены перед защитной сеткой и возвратились обратно на экранирующую сетку. При анодных токах до 15—20 ма перед защитной сеткой, находящейся

под нулевым потенциалом (точнее под потенциалом отрицательного конца катода), останавливается лишь незначительная часть электронов. Поэтому ток экранирующей сетки образуется в основном электронами, захваченными ею во время их полета по направлению к аноду. Уменьшение напряжения смещения вызывает возрастание анодного тока и в связи с этим плотность отрицательного пространственного заряда вблизи защитной сетки сильно увеличивается. Вследствие этого значительная часть электронов, из числа прошедших сквозь экранирующую сетку, затормаживается и движется в обратном направлении; одни из них сразу попадают на экранирующую сетку, а другие пролетают сквозь нее в направлении к катоду и, дойдя почти до поверхности слоя минимального потенциала вблизи катода, снова летят вместе с электронами, вылетевшими из него.

Включение и режим лампы	Единицы измерения	Однотактная (1 лампа)								Двухтактная (2 лампы)			
		пентодное, в режиме класса А				триодное, в режиме класса А				пентодное, в режиме класса АБ		триодное, в режиме класса АБ	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
№ режима													
Напряжение накала U_n	<i>в</i>	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Ток накала ступени I_n	<i>ма</i>	650	650	650	650	650	650	650	650	1300	1300	1300	1300
Напряжение на аноде U_a	<i>в</i>	120	160	200	240	160	160	200	240	240	240	240	240
Напряжение на экранирующей сетке U_z	<i>в</i>	120	160	160	160	—	—	—	—	160	160	—	—
Напряжение смещения на управляющей сетке U_c	<i>в</i>	—6,4	—8,5	—9,1	—10,2	—13,1	—13,1	—17,5	—22	—13,2	—13,2	—26	—26
Амплитуда переменного напряжения на управляющей сетке $U_{ст}$	<i>в</i>	6,4	8,5	9,1	10,2	13,1	13,1	17,5	22	26,4	42	52	78
Анодный ток ступени при отсутствии возбуждения I_{a0}	<i>ма</i>	25	40	37	31	26	26	30	36	30	30	30	30
Ток экранирующей сетки ступени при отсутствии возбуждения I_{z0}	<i>ма</i>	4	6	5	4	—	—	—	—	4	4	—	—
Сопротивление нагрузки R_a	<i>ком</i>	6,0	5,0	6,0	7,0	2,5	5,0	2,5	3,3	10,0	8,0	10,0	9,0
Наименьшее расчетное значение мощности предыдущей ступени	<i>мвт</i>	1	1	1	1	1	1	2	4	2	60	6	600
Максимальная отдаваемая мощность $P_{вых}$	<i>вт</i>	1,0	1,8	2,4	2,6	0,8	0,6	1,4	2,1	6,2	9,0	4,3	10,0
Коэффициент гармоник не более	<i>%</i>	7	7	7	7	7	4	7	7	—	—	—	—

Примечания: 1. Амплитуда переменного напряжения в цепи управляющей сетки соответствует максимальной полезной мощности. Для однотактной схемы указана амплитуда на управляющей сетке относительно катода, для двухтактной — между управляющими сетками.

2. Для двухтактной схемы указана величина эквивалентного сопротивления нагрузки между анодами ламп.

Чем больше анодный ток лампы, тем больше пространственный заряд, тем большее число электронов затормаживается и возвращается обратно, тем сильнее сказывается влияние анодного напряжения на распределение потока электронов между анодом и экранирующей сеткой, тем больше наклон характеристик анодного тока и тока экранирующей сетки. Приводимые нами на обложке характеристики хорошо иллюстрируют эти положения.

Указанные недостатки лампы типа 4П1Л являются следствием неточного выбора размеров, формы и взаимного расположения ее электродов. Защитная сетка излишне густа, вследствие чего велик ток экранирующей сетки и ощущается необходимость в повышении допустимой мощности рассеивания последней, что может быть сделано, например путем применения радиаторов. Густая защитная сетка очень хорошо подавляет вторичное излучение анода, но плохо проницаема для импульса анодного тока. Правда, подачей на защитную сетку положительного напряжения можно несколько уменьшить этот недостаток, так как при этом изменится токораспределение в пользу анода. Однако подключение защитной сетки к источнику напряжения связано с усложнением схемы.

На третьей странице обложки приведено также семейство характеристик пентода 4П1Л в триодном

включении (экранирующая и защитная сетки соединены с анодом). Так же как и пентодные, эти характеристики соответствуют параллельному соединению половин катода.

Для эффективного получения больших импульсов анодного тока при малом напряжении на аноде на управляющую сетку необходимо подавать импульсы положительного напряжения. В этих условиях возникает значительный ток в цепи управляющей сетки. Поэтому на последнем рисунке третьей страницы обложки приведена также кривая зависимости тока управляющей сетки I_c от напряжения на аноде U_a для разных напряжений на сетке U_c . Этими кривыми можно пользоваться для определения тока управляющей сетки и при пентодном включении лампы 4П1Л, отсчитывая величину этого тока при напряжениях на аноде U_a , равных напряжению на экранирующей сетке U_c .

Отмеченные выше недостатки пентода 4П1Л снижают его отдачу и, следовательно, экономичность. Однако недостаточная экономичность по цепям анода и экранирующей сетки в значительной степени компенсируется хорошей экономичностью катода, в результате чего пентод 4П1Л можно считать лампой, пригодной для применения в усилительной аппаратуре, предназначенной для радиодиффузии села.

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Лампа 6Е5С в качестве детектора

Высококачественное воспроизведение грамзаписи и радиоприема можно обеспечить применением в усилителе низкой частоты глубокой отрицательной обратной связи. Однако применить такую

схему двойного триода (например, типа 6Н9С) требует применения для детектирования специальной лампы.

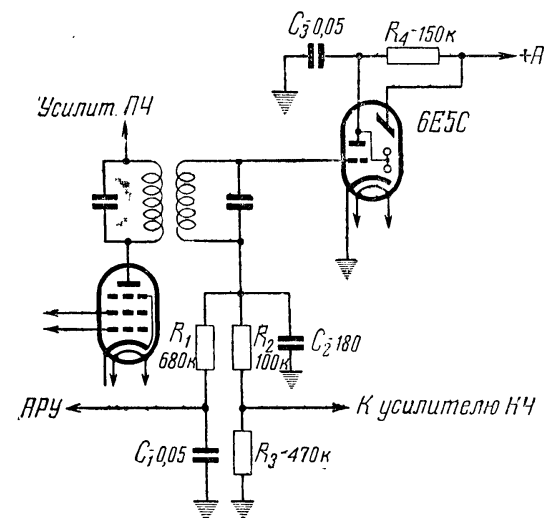
В подобных случаях для детектирования можно использовать лампу 6Е5С индикатора настройки. Схема включения лампы 6Е5С в качестве детектора и индикатора настройки приведена на рисунке. В этой схеме для детектирования используется промежуток сетка-катод лампы 6Е5С, т. е. осуществляется диодное детектирование.

Нагрузкой детектора служат сопротивления R_2 и R_3 , зашунтированные конденсатором C_2 . Получаемое в результате детектирования напряжение НЧ подается с сопротивления R_3 на усилитель низкой частоты. Одновременно с нагрузки детектора снимается и напряжение АРУ, подаваемое через развязывающий фильтр R_1C_1 на управляющие сетки предыдущих ламп приемника.

Проведенные испытания показали, что нелинейные искажения, вносимые детектором на лампе 6Е5С, остаются почти такие же, как и в случае применения лампы 6Х6С.

В качестве индикатора настройки лампа 6Е5С в данной схеме работает так же, как и в общепринятой схеме. Продетектированное напряжение подается на сетку 6Е5С со всей нагрузки детектора. Для устранения мерцания светящегося экрана поставлен конденсатор C_3 в 0,05 мкф.

Выбранные в схеме напряжения на экране 120 ÷ 150 в и величина $R_4 = 0,15$ мгом обеспечивают достаточно яркое свечение экрана и угол раствора при отсутствии сигнала около 45 ÷ 55°.



обратную связь в усилителе НЧ приемника, который имеет только одну ступень предварительного усиления с триодом или с двойным диод-триодом, невозможно, так как усиление при этом получается недостаточное.

Введение дополнительной ступени без увеличения числа ламп в приемнике путем использования вме-

г. Саранул

М. Радужий