

ДВОЙНЫЕ



ТРИОДЫ

А. Азатьян

Одним из наиболее часто встречающихся видов комбинированных ламп являются двойные триоды.

Первым двойным триодом с катодом косвенного накала была лампа типа 6А6. Примерно через год она была заменена однотипным металлическим двойным триодом типа 6Н7. Однако для этой лампы металлический баллон оказался мало пригодным, так как во время работы в лампе выделяется довольно большая мощность (около 15 вт). Поэтому в дальнейшем он был заменен стеклянным баллоном и эта лампа стала выпускаться под названием 6Н7С. Отличается она от своих предшественниц меньшими габаритами и наличием октального цоколя.

Лампа 6Н7С была сконструирована специально для двухтактного усиления мощности звуковой частоты. В настоящее время выпускаются еще два типа двойных триодов с октальными цоколями — 6Н8М и 6Н9М, заметно отличающиеся по параметрам от лампы 6Н7С и имеющие отдельные выводы каждого катода. Это сильно облегчает составление самых разнообразных схем, в которых триоды работают в различных режимах или даже выполняют различные функции.

ДВОЙНОЙ ТРИОД 6Н7С

На рис. 1 приведен общий вид и схема цоколевки двойного триода типа 6Н7С. Баллон лампы при помощи металлической гильзы цоколя соединен

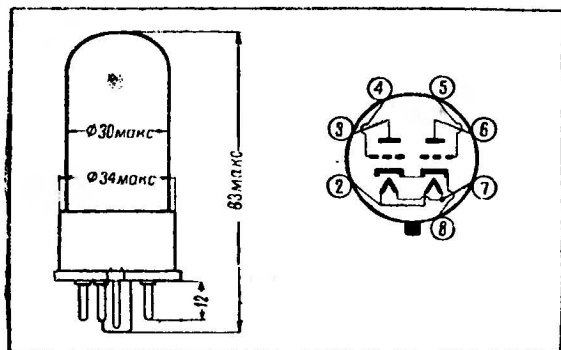


Рис. 1

с карболитовым вкладышем, на котором расположены семь штырьков. Катоды обоих триодов соединены вместе и имеют общий вывод. Напряжение накала лампы равно 6,3 в, ток накала 0,8 а.

Ниже приводятся предельные значения напряжений, токов и мощностей, допускаемые при испытании и эксплуатации лампы 6Н7С. Эти предельные нормы относятся к одной половине лампы, т. е. к одному триоду. Они находятся в соответ-

ствии с так называемой средне-расчетной системой, основанной на том предположении, что напряжения источников питания никогда не отклоняются от своих номинальных значений более чем на ± 10 процентов. Естественно, что при более низкой стабильности напряжения режим должен быть соответственно облегчен так, чтобы предельные величины никогда не превышались более чем на 10 процентов¹⁾.

Максимальное напряжение на аноде	300 в
Максимальное напряжение на подогревателе (относительно катода)	90 в
Максимальное пиковое значение тока анода	125 ма
Максимальная мощность, рассеиваемая анодом	5,5 вт

Двойной триод 6Н7С предназначен для работы преимущественно в двухтактной оконечной ступени усилителя звуковой частоты с выходной мощностью до 10 вт. В этом случае применения лампы работает без сеточного смещения и ставится в режим класса AB_2 . Он настолько отличается от обычных режимов применения электронных ламп, что, прежде чем привести типовой режим применения и параметры лампы типа 6Н7С, необходимо хотя бы кратко остановиться на сущности и особенностях режима класса AB_2 . После этого станет понятно также, почему именно был выбран вариант этого режима без сеточного смещения.

Режим класса AB_2 при малых амплитудах усиленных колебаний подобен режиму класса A_2 и характеризуется тем, что анодный ток не падает до нуля и, следовательно, не прерывается (угол отсечки анодного тока 180°). Для случая усиления относительно сильных колебаний, когда амплитуда их превышает напряжение отсечки анодного тока (отрицательное напряжение на сетке достаточно для запираания лампы), режим класса AB_2 характеризуется тем, что, во-первых, лампы в течение части отрицательного полупериода запираются (угол отсечки анодного тока больше 90°), а во-вторых, во время положительных полупериодов появляются значительные сеточные токи, которые по своей величине составляют заметную часть анодного тока лампы.

Работа в режиме класса AB_2 отличается высоким коэффициентом полезного действия (КПД), так как в те моменты, когда усиливаемые колебания слабы, анодный ток мал и, следовательно, невелико потребление энергии от источника анодного напряжения. При усилении относительно сильных колебаний

¹⁾ Следует иметь в виду, что при значительно пониженном напряжении накала, даже при одновременном пропорциональном уменьшении напряжения на аноде, происходит разрушение эмитирующего слоя оксидированного катода.

работа происходит на большом участке характеристики, отличающемся значительной нелинейностью. При этом потребление анодного тока автоматически увеличивается благодаря выпрямительному действию лампы.

Если поставить лампу 6Н7С в режим класса В, для чего потребуется установить на сетках отрицательное смещение в несколько вольт, то КПД может быть еще более повышен. Однако искажения, в особенности при слабых колебаниях, при этом возрастут, и — что самое главное — для поддержания напряжения смещения потребуется отдельный источник сеточного напряжения. Дело в том, что как в режиме класса В, так и АВ (разновидностью которых являются режимы классов В₂ и АВ₂ с сеточными токами) анодный ток весьма сильно зависит от величины напряжения усиливаемых колебаний, в связи с чем напряжение на сопротивлении смещения, через которое протекают анодные токи лампы приемника, значительно изменяется. Изменения анодного тока вызывают колебания выпрямленного напряжения и тем больше, чем больше внутреннее сопротивление выпрямителя. Когда при автоматическом смещении увеличивается амплитуда усиливаемых колебаний, то увеличивается анодный ток и увеличивается напряжение на сопротивлении смещения. Одновременно при увеличении анодного тока падает анодное напряжение, вследствие чего режим класса В может перейти в режим класса С (угол отсечки анодного тока меньше 90°), совершенно непригодный для усиления звуковой частоты. Кроме того, при этом будет сжиматься динамический диапазон громкости (компрессия).

Для того чтобы, не усложняя схемы приемника, уменьшить колебания анодного тока, а следовательно, и напряжения выпрямителя, отрицательно влияющие на работу других ламп, двойной триод 6Н7С применяется в режиме класса АВ₂ без смещения. На рис. 2 показана принципиальная схема применения лампы в этом режиме.

Приводимые ниже типовые режимы и параметры относятся к двухтактному усилению мощности в режиме класса АВ₂ без смещения, причем первый режим (идеализированный) интересен тем, что дает возможность приблизительно оценить и влияние внутреннего сопротивления выпрямителя и сопротивления в цепи сетки на величину нелинейных искажений и напряжение возбуждения, необходимое для получения максимальной выходной мощности. Идеализация режима заключается в том, что внутренние сопротивления источников анодного напряжения и напряжения возбуждения приняты равными нулю. Это значит, что, во-первых, анодное напряжение постоянно и не зависит от величины анодного тока, а во-вторых, — что токи сеток не искажают формы и не уменьшают величины переменного напряжения на сетках сравнительно с напряжением возбуждения.

Для практического типового режима в качестве источника анодного напряжения взят обычный кенотронный выпрямитель и его внутреннее сопротивление принято равным 1.000 ом. Так как работа лампы 6Н7С в режиме класса АВ₂ сопровождается большими сеточными токами,ходящими в среднем до 22 ма, действующее полное сопротивление в цепи каждой сетки должно быть по возможности небольшим. Сопротивление участка сетка-нить при положительном напряжении на сетке 41 в равно $\frac{41 \text{ в}}{0,022 \text{ а}} = 1860 \text{ ом}$. Следовательно, для того чтобы

напряжение на сетке составляло существенную часть подводимого напряжения, необходимо, чтобы действующее полное сопротивление между выводами половины вторичной обмотки междулампового трансформатора было не более нескольких сот ом. На низших частотах усиливаемого диапазона это сопротивление в основном активно складывается из омического сопротивления половины вторичной обмотки междулампового трансформатора и суммы внутреннего сопротивления предоконечной лампы и омического сопротивления первичной обмотки, приведенной к половине вторичной обмотки. Предоконечная лампа обычно имеет внутреннее сопротивление порядка 10 000 ом, т. е. приблизительно в 25 раз больше, чем может быть допущено в цепи сетки;

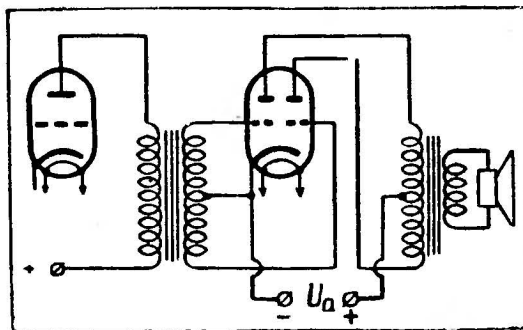


Рис. 2

поэтому междуламповый трансформатор должен иметь отношение половины числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки, равное

$$\sqrt{\frac{1}{25}} = 1:5.$$

Таким образом, междуламповый трансформатор в данном случае должен быть не повышающим, как обычно, а понижающим.

Для приводимого ниже практического режима действующее активное сопротивление, включая омическое сопротивление половины вторичной обмотки, принято равным 500 ом. Индуктивность рассеяния, приведенная к половине вторичной обмотки, берется равной 50 мкн. На частоте 400 гц индуктивное сопротивление в цепи каждой сетки равно 126 ом, а полное — 516 ом.

Внутреннее сопротивление источника анодного напряжения . . .	0	1 000 ом
Действующее полное сопротивление в цепи каждой сетки	0	516 >
Напряжение накала	6,3	6,3 в
Ток накала	0,8	0,8 а
Напряжение на анодах	300	300 в
Напряжение смещения на сетках	0	0 >
Амплитуда напряжения между сетками при полном возбуждении	58	82 в
Суммарный ток анодов при отсутствии возбуждения	35	35 ма
Суммарный ток анодов при полном возбуждении	70	70 >
Пик тока каждой сетки при полном возбуждении	20	22 >
Сопротивление нагрузки между анодами	8 000	8 000 ом
Суммарный коэффициент нелинейных искажений ²	4	8%

Коэффициент нелинейных искажений по третьей гармонике ³	3,5	7,5%
Коэффициент нелинейных искажений по пятой гармонике ³	1,5	2,5%
Отдаваемая мощность ³	10	10 <i>вт</i>

Примечания.

1. Максимальное мгновенное напряжение на сетке доходит до 30 *в*, остальные 11 *в* теряются на сопротивлениях в цепи сетки.

2. При полном возбуждении.

При увеличении возбуждения до полного суммарный анодный ток триодов возрастает до 70 *ма*, мощность, расходуемая источником анодного напряжения, увеличивается до 300 *в* × 0,07 *а* = 21 *вт*, а отдаваемая мощность — до 10 *вт*. В этих условиях КПД преобразования энергии постоянного тока в энергию тока звуковой частоты равен $\frac{10 \text{ вт} \times 100}{21 \text{ вт}} = 47,5$ процента, т. е. около половины подводимой мощности превращается в звуковую и немного более половины (11 *вт*) выделяется на анодах лампы. Приведенные режимы являются предельно допустимыми по напряжению и мощности рассеяния на аноде.

Особенность усилительных режимов с токами сетки — большое потребление мощности звуковой частоты в цепи сетки. В приведенном практическом режиме в момент максимального значения сеточного тока пиковая мощность равна 41 *в* × 0,022 *а* = 0,9 *вт*, что соответствует средней мощности 0,45 *вт*. Такую мощность должна отдавать предоконечная ступень при коэффициенте нелинейных искажений не более 1—2 процентов. Если для режима класса А, в который ставится лампа предоконечной ступени, принять КПД, равным 20 процентам, то мощность, потребляемая анодной цепью лампы, должна быть $\frac{0,45 \text{ вт} \times 100}{20} = 2,25 \text{ вт}$, а анодный ток

при напряжении 300 *в* будет равен $\frac{2,25 \text{ вт}}{300 \text{ в}} = 3,0075 \text{ а}$, т. е. 7,5 *ма*.

В предоконечной ступени усилителя могут быть применены лампы типов 6Н7С (оба триода соединены параллельно), 6Н8М (один или оба триода), 6С5, 6Л5 или пентоды 6Ж7, 6СJ7 в триодном включении. Включение пентодов триодами вызывает необходимость понизить внутреннее сопротивление лампы примерно до 10 000 *ом*. Чем меньше внутреннее сопротивление лампы предоконечной ступени, тем большим может быть взят коэффициент трансформации (отношение половины числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки).

Выше было показано, что если предоконечная лампа имеет внутреннее сопротивление около 10 000 *ом* (типы 6Н7С — оба триода, 6Н8М — один триод, 6С5, 6Л5 и 6Ж7, 6СJ7 в триодном соединении), то коэффициент трансформации междуплампового трансформатора должен быть приблизительно равен 1:5. Такая величина коэффициента трансформации получается также из соотношения величин амплитуды напряжения на сетке при полном возбуждении и амплитуды переменного напряжения на первичной обмотке трансформатора, которую можно получить без больших искажений при данном анодном напряжении. Для уменьшения нелинейных искажений, возникающих в предоконечной ступени, сопротивление анодной нагрузки должно быть по возможности большим. Практически это сопротивление превышает внутреннее сопротивление лампы

в 5—6 раз, так как дальнейшее увеличение вызывает сильное падение мощности предоконечной ступени. При таком соотношении сопротивлений коэффициент использования анодного напряжения предоконечного триода может быть около 0,65, т. е. амплитуда напряжения на первичной обмотке трансформатора равна 300 *в* × 0,65 = 195 *в*. Отсюда

коэффициент трансформации равен отношению $\frac{41 \text{ в}}{195 \text{ в}} = 1:4,75$, т. е. около 1:5, как это было найдено при пересчете сопротивления из цепи первичной обмотки в цепь половины вторичной обмотки.

Снижение нелинейных искажений, возникающих в предоконечной ступени, может быть получено повышением мощности за счет увеличения анодного тока до 10—12 *ма*. Подходящей лампой для такого случая является 6Н8М, оба триода которой соединены параллельно. При суммарном анодном токе 12 *ма* внутреннее сопротивление такой лампы равно 5 000 *ом*, что дает возможность понизить сопротивление нагрузки до 25 000—30 000 *ом*. В последнем случае пиковая мощность 0,9 *вт* получается при амплитуде 165 *в*, откуда коэффициент трансформации равен $\frac{41 \text{ в}}{165 \text{ в}} = 1:4$.

Зависимость тока анода и тока сетки от напряжения на аноде при разных, в том числе положительных, напряжениях на сетке показана на рис. 3.

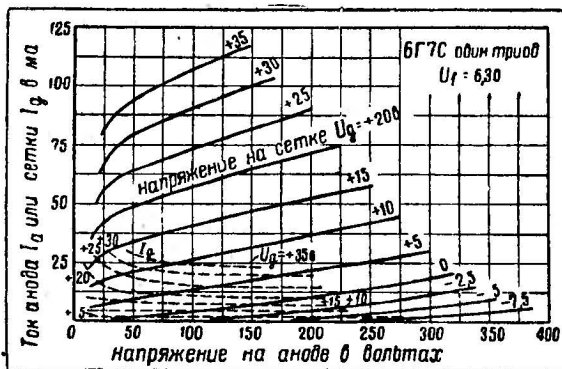


Рис. 3

Усиление мощности с лампой 6Н7С в режиме класса АВ₂ находит применение в тех случаях, когда на первом плане стоит получение высокого КПД оконечной ступени. В портативных переносных усилителях это позволяет уменьшить габариты и вес усилительной установки, в особенности источника анодного напряжения. Особенно необходима экономия энергии источника анодного напряжения в радиоустановках различных подвижных объектов, как например, автомобиль, где высокое напряжение получается от низковольтного аккумулятора при помощи вибропреобразователя или умформера, работающих с КПД 40—50 процентов. Лампа типа 6Н7С, применяемая в оконечной ступени радиоприемника А-695 автомашины ЗИС-110, при анодном напряжении 200—210 *в*, получаемом от умформера, отдает 4 *вт*. Несмотря на то, что КПД сетевых радиоприемников индивидуального пользования не имеет существенного значения, двойные триоды типов 5З, 6А6 и 6Н7, имеющие одинаковые параметры, были в свое время применены в радиоприемниках СВД, СВД-1 и СВДМ. В после-

дующей модернизации радиоприемников этой серии — СВД-9 — двойной триод был заменен лучевым тетродом 6Л6С, который при максимальном использовании в режиме класса А имеет КПД около 36 процентов.

Следует отметить, что эта замена была произведена еще тогда, когда не применялась отрицательная обратная связь.

Основной недостаток выходной ступени на лампе типа 6Н7С, как и всякого двухтактного усилителя, заключается в необходимости переворачивания фазы, т. е. получения двух напряжений звуковой частоты, равных по величине и сдвинутых по фазе на 180° . Так как для переворачивания фазы требуется дополнительный трансформатор или лампа, то это является весьма нежелательным, а в радиоприемниках массовых типов — просто неприемлемым. Другим недостатком, который в несколько преувеличенной степени приписывается усилителям, работающим в режиме класса АВ₂, является повышенный коэффициент нелинейных искажений. Однако и для других ламп выходная мощность указывается при коэффициенте нелинейных искажений даже несколько больше, а именно 10 процентов. Так как приведенный типовой режим относится к основному случаю усиления, без какой-либо обратной связи, то искажения можно значительно снизить введением отрицательной обратной связи, причем в этом случае часть выходного напряжения лучше всего подать в цепь сетки предоконечной лампы. Если взять фактор обратной связи $k_f = 2$, то с лампы 6Н7С можно получить мощность 10 вт, при полном коэффициенте нелинейных искажений 2,5 процента и значительно меньшем расходе анодного тока, чем в случае других оконечных ламп, поставленных в режим класса А. Однако полное возбуждение, а следовательно, максимальная выходная мощность в 10 вт, будут достигнуты при амплитуде напряжения звуковой частоты в цепи сетки предоконечной лампы от 2,2 до 3,2 в (в зависимости от типа лампы). Так как радиоприемник

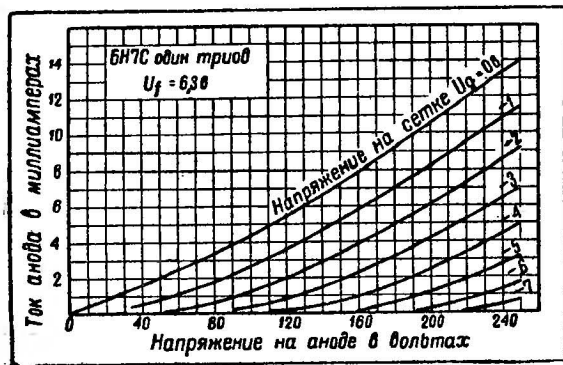


Рис. 4

должен развивать полную мощность при амплитуде напряжения на входе усилителя порядка 0,5 в, а усилитель радиогромофона — около 0,2 в, то потребуется еще одна ступень для предварительного усиления напряжения приблизительно в 15 раз. Вводить дополнительную ступень усиления вообще нежелательно, но оно может дать новые возможности в отношении коррекции частотной характеристики и применения более глубокой отрицательной

обратной связи. Для этого необходимо иметь трех-четырекратный избыток усиления, который может быть получен без затруднений, если коэффициент усиления предварительной ступени довести до 45—60 (лампы 6Н9М, 6Г7С, 6SQ7, 6Ф5М), а если потребуется, то и до 100—150 (лампы 6Ж7, 6SJ7).

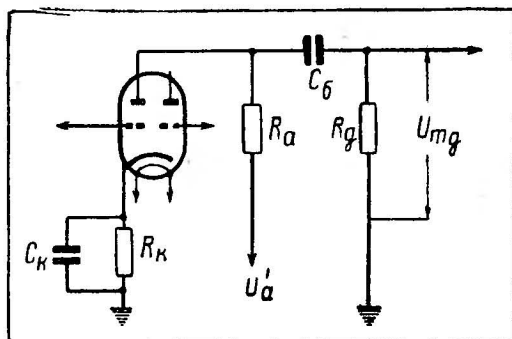


Рис. 5

Двойной триод 6Н7С хорошо работает также в режиме класса А без сеточных токов, для чего необходимо на сетку подать такое отрицательное смещение, при котором анодный ток будет равен приблизительно половине нулевого анодного тока (анодный ток при $U_g = 0 \text{ в}$). На рис. 4 показана зависимость анодного тока от напряжения на аноде при нулевом и различных отрицательных напряжениях на сетке. По характеристике нетрудно определить необходимое напряжение смещения, соответствующее применяемому анодному напряжению. Ниже приводятся типовые режимы класса А и параметры лампы 6Н7С, оба триода которой соединены параллельно. Эти режимы являются наилучшими для работы в предоконечной ступени усилителя с междуламповым трансформатором.

Напряжение на аноде	250	296 в
Напряжение на сетке ¹	—5	—6 в
Коэффициент усиления	35	36 —
Внутреннее сопротивление	11,3	11,0 ком
Крутизна характеристики	3,1	3,2 ма/в
Ток анода	6	7 ма
Сопротивление нагрузки ²	от 20 до 40 ком	
Отдаваемая мощность	до 0,4 вт	

Примечания. 1. При подаче на сетку фиксированного напряжения смещения омическое сопротивление в цепи сетки не должно быть более 0,1 мгом.

При автоматическом смещении омическое сопротивление в цепи сетки не должно быть более 0,5 мгом.

2. Оптимальная величина сопротивления нагрузки в цепи анода сильно зависит от свойств входной цепи последующей ступени усиления мощности.

Благодаря повышенному коэффициенту усиления лампы 6Н7С, она хорошо работает в схеме усилителя на сопротивлениях. На рис. 5 приведена схема включения одного из триодов лампы. Коэффициент усиления напряжения, который можно получить в такой ступени, зависит от данных элементов схемы и анодного напряжения. Эта зависимость показана в приводимых ниже таблицах для напряжений источников питания анодной цепи 180 в и 300 в. Таблицы составлены для различных комби-

наций сопротивления нагрузки R_a в цепи анода — 0,1, 0,25 и 0,5 мгом — и сопротивления R_g в цепи сетки последующей лампы, работающей без заметных токов сетки. Обозначения в таблицах полностью соответствуют обозначениям на схеме рис. 5. Значения емкости C_6 приведены такие, которые на частоте 100 гц вызывают уменьшение переменного напряжения на R_g до 0,7 переменного

напряжения на R_a . Если такое уменьшение усиления желательно иметь на какой-нибудь другой низкой частоте, например f_1 , то табличное значение емкости C_6 следует умножить на отношение $\frac{100}{f_1}$. Емкость конденсатора C_k может быть взята в пределах от 10 до 50 мкф.

Напряжение источника питания цепи анода 180 в

R_a	0,1			0,25			0,5			МГОМ
R_g	0,1	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5	1	2	МГОМ
R_k	2600	3400	3900	5900	7600	8600	10500	13200	15300	ОМ
C_6	0,03	0,015	0,007	0,015	0,0007	0,0035	0,007	0,0035	0,002	МКФ
U_{mg1}	35	46	50	40	50	57	44	54	61	в
K^2	19	21	22	23	24	24	24	25	25	

Напряжение источника питания цепи анода 300 в

R_a	0,1			0,25			0,5			МГОМ
R_g	0,1	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5	1	2	МГОМ
R_k	2300	3000	3500	5300	6800	8000	9700	12200	14300	ОМ
C_6	0,03	0,015	0,007	0,015	0,006	0,003	0,006	0,003	0,0015	МКФ
U_{mg1}	60	83	86	75	87	100	76	94	104	в
K^2	20	22	23	23	24	24	23	24	24	

Примечания.

1. В таблице указано такое значение амплитуды напряжения на сопротивлении R_g , превышение которого связано с появлением тока в цепи сетки рассматриваемой лампы.

2. Коэффициент усиления напряжения при $U_{mg} = 7,1$ в.

Сопоставление таблиц показывает, что значения величин сопротивлений, емкости и коэффициента усиления ступени мало зависят от напряжения источника питания цепи анода. Поэтому приведенные значения могут быть приняты без корректировки, если примененное напряжение отличается от указанных 180 в или 300 в не более, чем на 50 процентов. Что касается выходного напряжения, то оно изменится пропорционально изменению напряжения источника питания цепи анода. При выборе варианта следует отдавать предпочтение большему величинам R_g , но таким, которые лежат в пределах допустимого значения омического сопротивления в цепи сетки последующей лампы.

Триоды лампы типа 6Н7С могут работать в двух смежных ступенях усиления звуковой частоты. При этом одна лампа может дать усиление около 500. Однако эта лампа не предназначена для усиления

очень слабых, меньше сотых долей вольта, переменных напряжений, вследствие чего при использовании ее в первых ступенях многоламповых усилителей в анодном токе появляется значительная составляющая с частотой 50 гц (так называемый фон переменного тока), если не перевести питание накала лампы первых ступеней с сети переменного тока на аккумуляторы.

Применять лампу 6Н7С можно и на высокой частоте. Следует только учесть, что ей присущи все особенности обычных приемно-усилительных триодов при таком применении. Весьма целесообразно применять 6Н7С в таких схемах, где требуются или подходят два одинаковых триода — в различных двухтактных и мостовых схемах, микшерах, фазоинвертерах, мультивибраторах, блокинг-генераторах и т. п. Применение 6Н7С в многоламповых устройствах позволяет значительно сократить число ламп.

При выборе двойного триода из числа ламп 6Н8М, 6Н7С и 6Н9М (коэффициенты усиления 20, 35 и 70 соответственно) следует отдавать предпочтение лампе 6Н7С тогда, когда требуется получить большую выходную мощность при высоком КПД или когда необходим двойной триод с повышенным коэффициентом усиления.

(Продолжение следует)

ДВОЙНЫЕ ТРИОДЫ

(Окончание Ст. „Радио № 10)

А. Азатьян

Лампы типов 6Н8М и 6Н9М начали выпускаться значительно позже лампы 6Н7С. Так же, как и лампа 6Н7С, они представляют собой комбинацию двух одинаковых триодов в одном баллоне.

ДВОЙНОЙ ТРИОД 6Н8М

На рис. 6 приведен общий вид и схема цоколевки двойного триода типа 6Н8М. По конструкции и внешнему виду эта лампа почти не отличается от 6Н7С. Из схемы цоколевки видно, что катоды у лампы 6Н8М, в отличие от лампы 6Н7С, не соединены между собою. Это позволяет применять лампу 6Н8М также и в тех случаях, когда требуется, чтобы катоды триодов находились под разным потенциалом, или вообще не имели связи друг с другом.

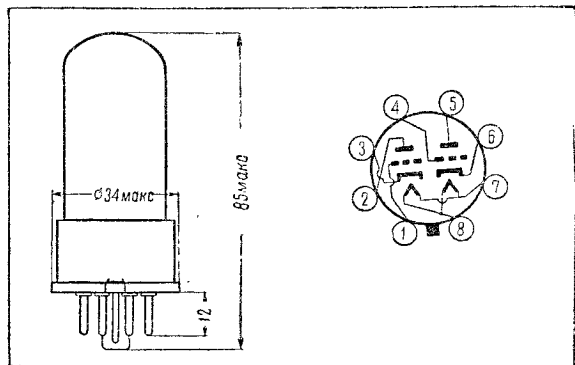


Рис. 6

Ниже приводятся предельные величины напряжений, токов и мощностей, допустимые при испытании и эксплуатации лампы 6Н8М.

Максимальное напряжение на аноде	300 в
Минимальное напряжение смещения на сетке (относительно катода)	0 в
Максимальное напряжение на подогревателе	90 в
Максимальная величина постоянной составляющей тока катода ¹	20 ма
Максимальная мощность, рассеиваемая анодом	2,5 вт.

Эти предельные нормы относятся к одному триоду и находятся в соответствии с так называемой средне-расчетной системой, основанной на том предположении, что напряжения источников питания отклоняются от своих номинальных значений

¹ Постоянная составляющая тока катода является суммой постоянных составляющих токов анода и сетки.

не более, чем на ± 10 процентов. Естественно, что при больших колебаниях напряжения эксплуатационный режим должен быть снижен с таким расчетом, чтобы предельные величины никогда не превышались более, чем на 10 процентов².

Хотя двойной триод 6Н8М и не предназначен специально для усиления мощности низкой частоты в двухтактной ступени, он все-таки может быть применен в этой ступени и даст удовлетворительные результаты в тех случаях, когда необходимо питать усилителю анодным напряжением, пониженным до 100—140 в.

В режиме класса A_2 без сеточного смещения одна лампа 6Н8М может отдать мощность 0,8 вт при анодном напряжении 125 в, сопротивлении нагрузки между анодами 7000 ом и анодном токе — 30 ма. Мощность предоконечной ступени, необходимая для полного возбуждения, должна быть при этом равна приблизительно 0,06 вт и может быть получена при том же анодном напряжении от одного триода лампы 6Н8М, работающего в усиительном режиме класса A_1 , т. е. без сеточных токов.

Междупламповый трансформатор, связывающий однокатодную предоконечную ступень с двухтактной оконечной, должен быть понижающим и иметь отношение числа витков половины вторичной обмотки к числу витков первичной, равным 1:5. Соображения, которые кладутся в основу определения коэффициента трансформации, подробно были изложены в описании лампы типа 6Н7С (см. № 10 журнала «Радио» за 1949 год). Используя другой триод лампы 6Н8М для предварительного усиления напряжения низкой частоты, можно получить двухламповый трехступенный усилитель с выходной мощностью 0,8 вт. Для получения такой мощности на сетку первой лампы надо подать переменное напряжение величиной 0,25 в.

Зависимость тока анода I_a и тока сетки I_g от напряжения на аноде при нулевом напряжении и различных значениях положительного напряжения на сетке показана на рис. 7. Вследствие того, что описываемая лампа обладает коэффициентом усиления средней величины при отсутствии смещения и нормальном анодном напряжении 250 в получается очень большой анодный ток, причем мощность, выделяемая на аноде, в несколько раз превышает максимально допустимую. Очевидно, что для того, чтобы при нормальном анодном напряжении применить лампу 6Н8М в режиме класса AB_2 , необходимо задать на сетки отрицательное смещение око-

² Следует иметь в виду, что при значительно пониженном напряжении накала, даже при одновременном пропорциональном уменьшении напряжения на аноде, происходит разрушение эмитирующего слоя оксидированного катода.

до 6—7 в, что практически трудно осуществить из соображений, рассмотренных в описании лампы 6Н7С. На рис. 8 показана зависимость анодного тока одного триода от напряжения на аноде при различных значениях отрицательного напряжения на сетке. Ниже приводятся величины напряжений и параметры для одного триода лампы 6Н8М при работе его в режиме класса А, причем сопротивление нагрузки в анодной цепи отсутствует.

Напряжение накала	6,3	6,3 в
Ток накала	0,6	0,6 а
Напряжение на аноде	90	250 в
Напряжение на сетке	0	-8 в
Коэффициент усиления	20	20 —
Внутреннее сопротивление	6700	7700 ом
Крутизна характеристики	3,0	2,6 ма в
Ток анода	10	9 ма

Примечание 1. В случае применения предельного напряжения, тока или мощности, омическое сопротивление в цепи сетки триода не должно превышать 1 мгом.

Один триод лампы 6Н8М в схеме усилителя напряжения на сопротивлениях может дать усиление от 11 до 14, в зависимости от величин сопротивления в цепи анода, сопротивления в цепи сетки лампы следующей ступени и анодного напряжения. Эта зависимость показана в приводимых ниже таблицах для напряжений источников питания анодной цепи 180 в и 300 в. Таблицы составлены для различных значений сопротивления R_a в цепи анода (0,05; 0,1 и 0,25 мгом) и сопротивления R_g в цепи сетки последующей лампы, работающей без заметных сеточных токов. Обозначения в таблицах полностью соответствуют обозначениям на схеме (рис. 5), приведенной в статье в № 10 журнала «Радио».

Значения емкостей C_k и C_g указаны такие, которые на частоте 100 гц вызывают уменьшение переменного напряжения на R_g до 0,8 переменного напряжения на R_a . Если такое уменьшение усиления желательно иметь на какой-нибудь другой низкой частоте, например f_1 , то табличное значение емкости конденсаторов C_k и C_g следует умножить

на отношение $\frac{100}{f_1}$.

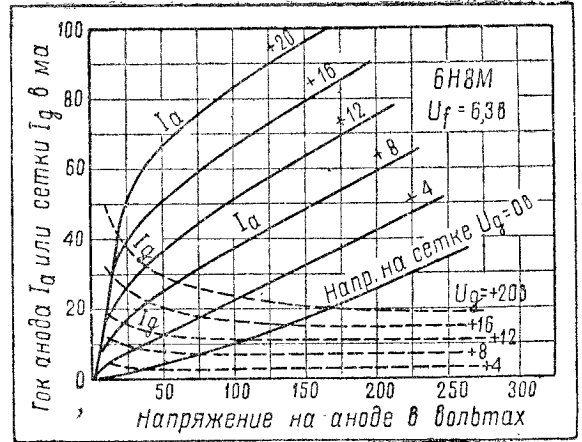


Рис. 7.

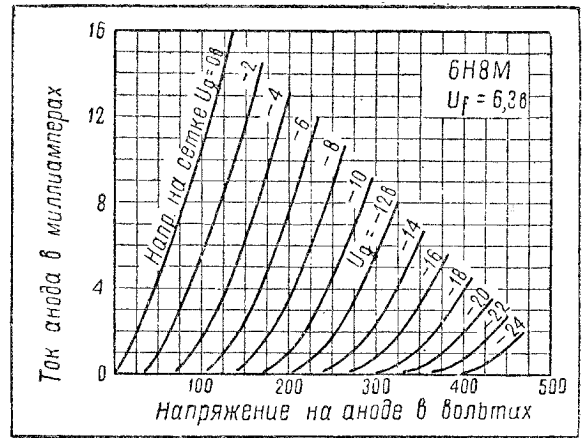


Рис. 8.

Таблица 1

Напряжение источника питания цепи анода 180 в

R_a	0,05			0,1			0,25			мгом
R_g	0,05	0,1	0,25	0,1	0,25	0,5	0,25	0,5	1,0	мгом
R_k	1190	1490	1740	2330	2830	3230	5560	7030	8110	ом
C_k	3,27	2,86	2,06	2,19	1,35	1,15	0,81	0,62	0,5	мкф
C_g	0,06	0,032	0,0115	0,038	0,012	0,006	0,013	0,007	0,004	мкф
U_{mg}^1	24	30	36	26	34	38	28	36	40	в
K^2	13	13	13	14	14	14	14	14	14	—

Напряжение источника питания цепи анода 300 в

R_a	0,05			0,1			0,25			мгом
R_g	0,05	0,1	0,25	0,1	0,25	0,5	0,25	0,5	1,0	мгом
R_k	1020	1270	1500	1900	2440	2700	490	5770	6950	ом
C_k	3,56	2,96	2,15	2,31	1,42	1,2	0,87	0,61	0,54	мкф
C_g	0,06	0,034	0,012	0,035	0,0125	0,0065	0,013	0,0075	0,004	мкф
U_{mg}^1	41	51	60	43	56	64	46	57	64	в
K^2	13	14	14	14	14	14	14	14	14	—

Сопоставление таблиц показывает, что значения величины сопротивлений, емкостей и коэффициента усиления ступени мало зависят от напряжения источника питания цепи анода. Поэтому приведенные значения могут быть приняты без корректировки, если напряжение источника отличается от ближайшего табличного (180 в или 300 в) не более, чем на 50 процентов. Что касается выходного напряжения, то оно изменится пропорционально изменению напряжения источника питания цепи анода. Следует отдавать предпочтение варианту с большим значением R_g , но таким, которое не выходит за пределы допустимой величины омического сопротивления в цепи сетки последующей лампы.

Применять двойной триод 6Н8М для усиления напряжения низкой частоты в усилителе на сопротивлениях имеет смысл тогда, когда требуется получить дополнительно 12—14-кратное усиление и когда в установке уже имеется или необходимо иметь триод с аналогичными параметрами (например, 6Ж5 или 6С5М). В этом случае лампа 6Н8М позволит получить дополнительное усиление без увеличения общего числа ламп в установке.

Триоды лампы 6Н8М могут работать также в двух смежных ступенях усиления звуковой частоты. При этом одна лампа может дать усиление до 200. Применение 6Н8М в предоконечной ступени усилителя с выходной ступенью на лампе 6Н7С в режиме класса АВ₂ было подробно описано в первой части статьи. Применять лампу 6Н8М можно и в ступенях усиления высокой частоты. Следует только учитывать, что этой лампе свойственны все особенности приемно-усилительных триодов при таком использовании.

Целесообразно применять 6Н8М в таких установках, где требуются или подходят два одинаковых триода, — в различных двухтактных и мостовых схемах и т. д. Благодаря малому внутреннему сопротивлению лампа 6Н8М является наиболее подходящим двойным триодом для блокинг-генератора с разрядной лампой.

ДВОЙНОЙ ТРИОД 6Н9М

Внешний вид, схема цоколевки и габариты двойного триода 6Н9М те же, что и у лампы 6Н8М. В схеме цоколевки лампы 6Н9М имеется лишь то отличие, что нити обоих триодов соединены между собой последовательно, так как каждая из них рассчитана на напряжение 3,15 в и на ток 0,3 а.

Ниже приводятся предельные величины напряжений и мощности для одного триода, допустимые при испытании и эксплуатации лампы 6Н9М. Эти предельные нормы находятся в соответствии со среднерасчетной системой, основные положения которой были изложены выше.

Максимальное напряжение на аноде	250 в
Минимальное напряжение смещения на сетке	0 в
Максимальное напряжение на подогревателе (относительно катода)	90 в
Максимальная мощность, рассеиваемая анодом	1,0 вт

Зависимость тока анода одного триода от напряжения на аноде при различных напряжениях на сетке показана на рис. 9. Приводимые ниже величины напряжения и параметры относятся к одному триоду лампы 6Н9М, для случая работы в режиме класса А, причем сопротивление нагрузки в анодной цепи отсутствует.

Напряжение накала	6,3 в
Ток накала	0,3 в
Напряжение на аноде	250 в
Напряжение на сетке	-2 в
Коэффициент усиления	70—
Внутреннее сопротивление	44 000 ом
Крутизна характеристики	1,6 ма/в
Ток анода	2,3 ма

Один триод лампы 6Н9М в схеме усилителя на напряжениях на сопротивлениях может дать усиление от 25 до 49 — в зависимости от величины сопротивления в цепи анода, сопротивления в цепи сетки лампы следующей ступени и анодного напряжения.

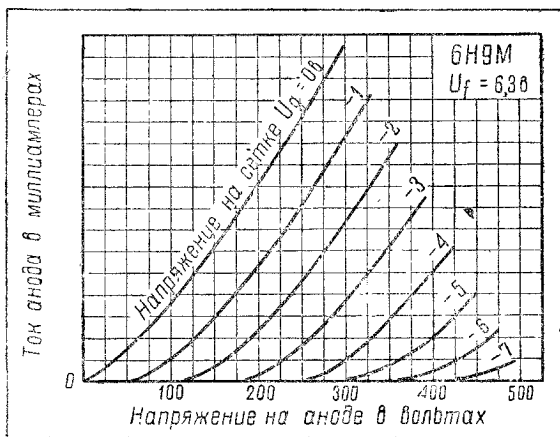


Рис. 9. Ток анода отложен в масштабе; 1 деление = 0,5 ма

Эта зависимость показана в приводимых ниже таблицах для напряжений источников питания анодной цепи 180 в и 300 в. Таблицы составлены для различных комбинаций сопротивления R_a в цепи анода (0,1; 0,25 и 0,5 мгом) и сопротивления r в цепи сетки последующей лампы, работающей без

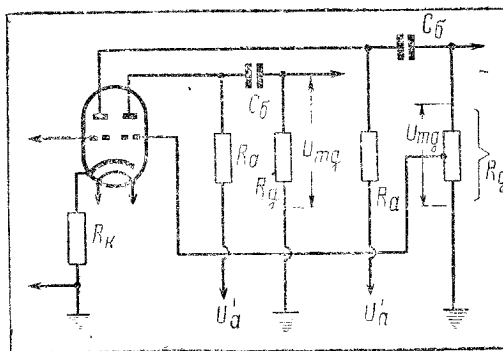


Рис. 10

заметных токов сетки. Обозначения в таблицах полностью соответствуют обозначениям на схеме (рис. 5), приведенной в первой части статьи, напечатанной в № 10 журнала «Радио». Величина конденсатора C_b взята такой, что на частоте 100 гц напряжение на сопротивлении r составляет 90 процентов напряжения на R_a . Способ пересчета величины C_b , если такое ослабление требуется получить на другой частоте, был указан выше.

Напряжение источника питания цепи анода 180 в

R_a	0,1			0,25			0,5			МГОМ
R_g	0,1	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5	1	2	МГОМ
R_k	1920	2140	2440	8700	4300	4800	6100	6340	7780	ОМ
C_{β}	0,031	0,012	0,007	0,011	0,006	0,003	0,006	0,003	0,002	МКФ
U_{mg}^1	17	24	27	21	28	32	24	32	36	в
K^2	25	29	33	35	39	41	40	43	45	—

Напряжение источника питания цепи анода 300 в

R_a	0,1			0,25			0,5			МГОМ
R_g	0,1	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5	1	2	МГОМ
R_k	1500	1860	2080	2800	3360	3680	4660	5960	6560	ОМ
C_{β}	0,033	0,014	0,007	0,012	0,006	0,003	0,006	0,003	0,002	МКФ
U_{mg}^1	35	50	54	45	55	64	50	62	72	в
K^2	29	34	36	39	42	45	45	48	49	—

Примечания: 1. В таблицах 1 и 2 указано такое значение амплитуды напряжения на сопротивлении R_g , превышение которого связано с появлением тока в цепи сетки рассматриваемой лампы.

2. Коэффициент усиления напряжения при $U_{mg} = 7,1$ в.

Как и в предыдущих случаях, если примененное анодное напряжение отличается от ближайшего табличного (180 в или 300 в) не более чем на 50 процентов, то приведенные в таблицах данные сопротивлений, переходной емкости и коэффициента усиления ступени К могут не пересчитываться. Исключение составляет величина выходного напряжения, которая изменяется пропорционально величине напряжения источника питания цепи анода. При выборе варианта следует отдавать предпочтение большим величинам R_g , но таким, которые не превышают максимальной допустимой величины омического сопротивления в цепи сетки последующей лампы.

Триоды лампы типа 6Н9М могут работать также в двух смежных ступенях усиления звуковой частоты. При этом одна лампа может дать усиление до 2400.

Лампа 6Н9М может с успехом применяться, как и лампа 6Н8М, в различных маломощных двухтактных и мостовых схемах, микшерах, блокинг-генераторах и т. д. По сравнению с лампами 6Н9М и 6Н7С она обладает тем преимуществом, что является наиболее экономичной по мощности, расходуемой на накал нити.

В радиовещательном приемнике с двухтактным выходом вполне целесообразным является применение двойного триода для переверачивания (инвертирования) фазы.

На рис. 10 приведена схема фазопереверачивающей ступени на двойном триоде. Благодаря тому, что катоды триодов соединены между собой, в этой схеме могут быть применены не только лампы 6Н8М и 6Н9М, но и 6Н7С. Усиливаемое напряжение низкой частоты подводится к сетке одного из триодов, в данном случае левого. Переменное напряжение

в перевернутой фазе подается на сетку правого триода от части сопротивления, находящегося в цепи сетки следующей (обычно оконечной) ступени. Положение вывода на этом сопротивлении должно быть таким, чтобы переменные напряжения на сетках левого и правого триодов были равны по величине. Соотношение частей такого делителя напряжения (практически соотношение величин двух отдельных сопротивлений) определяется по величине коэффициента усиления К, указанной в таблицах. Например, из таблицы находим, что один триод лампы данного типа в определенном режиме дает усиление К, равное 25. Тогда сопротивление R_g составляется из двух таких сопротивлений, чтобы сумма их была равна величине R_g , а сопротивление между сеткой правого триода и заземленной точкой

равнялось $\frac{1}{25}$ полной величины R_g .

Величины сопротивлений R_a , R_g и емкостей C_{β} берутся из таблиц.

Сопротивление R_k должно быть равно половине той величины, которая указана в таблице, так как через него проходят одновременно токи обоих триодов.

Конденсатор C_{κ} , шунтирующий сопротивление смещения, для устранения отрицательной обратной связи, в фазопереверачивающей ступени не нужен. Дело в том, что параметры одного триода лампы обычно несколько отличаются от параметров другого триода. Вследствие этого переменные напряжения хотя и будут сдвинуты по фазе на 180° , но не будут равны по величине. В том случае, когда параметры триодов различны, а сопротивление R_k не шунтировано, возникнет отрицательная обратная связь, благодаря чему оба напряжения будут почти полностью сбалансированы.

Для того, чтобы правильно выбрать тип двойного триода для фазопереверачивающей ступени и подобрать элементы схемы, необходимо знать величину напряжения возбуждения оконечной ступени. Определение наиболее подходящего типа триода легко произвести по приведенным выше таблицам.