

## Глава 4 . Параллельно соединённые триоды

### Входной каскад Matchless. Микшер с общим анодом. Переключаемые конструкции.

При изучении схем большинства гитарных предварительных усилителей, можно заметить, что они состоят из последовательно соединённых каскадов триодного усиления с различными связующими их цепями и элементами управления. Однако, бывают случаи, где может быть полезно использовать два или более параллельно, а не последовательно соединённых каскада и это будет обсуждаться в этой главе.

При параллельно соединении триодов, мы можем рассматривать их как отдельные каскады с одинаковой нагрузкой, либо что гораздо проще, чем единый, новый «большой» каскад. Обычно в таких соединениях применяются одни и те же триоды, и скорее всего находящиеся в одном корпусе лампы, но это совсем не обязательно и в противном случае может открыть ещё больше тональных возможностей, например, если триод соединить параллельно с пентодом!

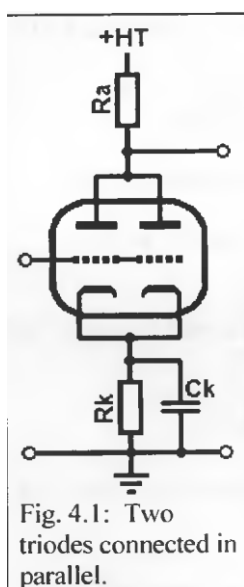


Fig. 4.1: Two triodes connected in parallel.

На рис.4,1 показана типичная схема параллельно соединения триодов, находящихся в одном корпусе лампы. Сетки изображены так, будто они уже соединены внутри лампы, но это лишь условное изображение, на самом деле они соединены с внешней стороны колбы. При выборе значения компонентов каскада следует помнить, что лампа может рассматриваться как последовательный генератор сигнала с сопротивлением  $r_a$ , и те же правила, что применяются к параллельно соединённым сопротивлениям, применимы и к лампам в данном случае: общее сопротивление будет меньше сопротивления одного триода. Полный ток увеличится, а напряжение останется прежним. Если лампы соединены так, как показано на рис.4,1, то есть все электроды соединены между собой, и нагрузка тоже общая, то мы можем такое соединение рассматривать как единый триод с удвоенными текущими характеристиками. Мы можем легко представить это на графике анодных характеристик, просто удвоив значения на оси анодного тока (ось ординат). Что показано на рис.4,2. Если мы подключим три идентичных триода, то необходимо утроить эти значения, при применении 4-х соответственно увеличить в четыре раза, и так далее.

В обычном включении триод ECC83 имеет максимальную мощность рассеиваемую анодом 1Вт, в параллельном соединении она увеличивается до 2Вт, с увеличением тока в два раза, что также показано на рисунке.

Обратите внимание, что, поскольку анодное напряжение не масштабируется и сеточные кривые не изменяются, то следовательно что  $\mu$  также будет без изменений. Однако, для какого-нибудь изменения напряжения на сетке, изменение анодного тока будет теперь в два раза больше, так что  $g_m$  должно увеличиться в два раза от исходного значения. Тогда  $\mu/g_m = r_a$ , из чего следует, что  $r_a$  уменьшится в двое, что и следовало ожидать, так как по сути два идентичных сопротивления соединённые параллельно дают суммарное сопротивление в половину меньше их отдельного значения.

Если мы соединим параллельно три триода, то получим утроенное значение  $g_m$ , что даст в итоге уменьшение  $r_a$  в три раза, в то время как  $\mu$  по прежнему останется неизменным, и так далее.

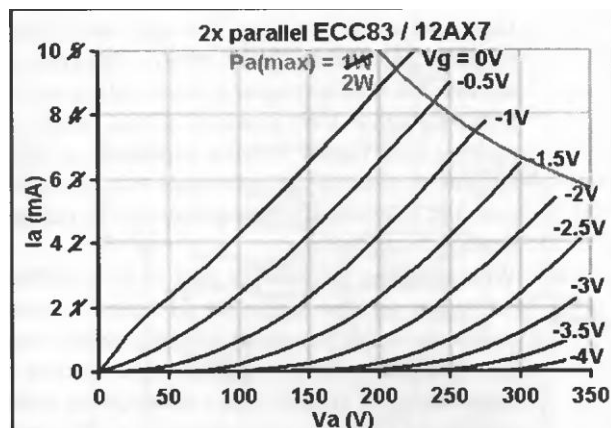


Fig. 4.2: Static anode characteristics of two ECC83 triodes in parallel. Current and  $g_m$  are doubled, while  $r_a$  is half the value for a single triode.

Точно такой же принцип применим и к пентодам, в подобных соединениях.

Чтобы получить представление о том как это отразится на усилении мы можем применить формулу III как для обычного триода. Для быстрого расчёта применим табличные значения для *одиночного* триода  $\mu=100$ ,  $r_A = 63K$ . Для типичного сопротивления в аноде 100K получим:

$$A = \frac{\mu \cdot R_a}{R_a + r_a} = \frac{100 \times 100}{100k + 63} = 61 (35.7dB).$$

Теперь, отметив, что для пары параллельно соединённых триодов,  $r_A = 63K/2 = 31,5K$ , при использовании того же анодного резистора 100K получим:

$$A = \frac{\mu \cdot R_a}{R_a + r_a} = \frac{100 \times 100k}{100k + 31.5k} = 76 (37.6dB).$$

Поскольку  $g_m$  удвоилось, изменение тока в нагрузке увеличилось для рассматриваемого входного сигнала, что привело к увеличению на 23,5дБ! На самом деле, для достижения такого же усиления что мы получили на одном триоде, нам просто нужно для параллельного соединения применить анодный резистор с половиной его значения, то есть 50K. Можно также отметить, что для достижения той же точки смещения нам потребуется половина значения от резистора катода  $R_k$ , так как анодный ток увеличился в два раза, в то время как шунтирующий катодный конденсатор  $C_k$  должен быть увеличен в два раза, что бы получить ту же частотную характеристику.

### Когда используют параллельно соединённые триоды?

Из изложенного выше легко увидеть преимущества подобного соединения:

- Анодное сопротивление уменьшается в два раза, и другие сопротивления каскада как правило будут тоже ниже чем при одиночном соединении, а это означает снижения уровня шума. Это главная причина использования параллельного соединения в HiFi аппаратуре. Это также делает подобное соединение наиболее полезным в входном каскаде гитарного усилителя, где отношение сигнал/шум наиболее важно.
- Снижение сопротивлений будет означать также и более низкое выходное сопротивление, что может быть полезно для подключения после каскада «тяжёлых» нагрузок, таких как темброблок.
- Увеличение мощности. Мы можем часто встретить параллельное соединение в цепях выходных ламп и схем реверберации, и есть несколько причин для этого. Это в частности, когда несколько не больших ламп будут стоить дешевле одной большой. Очень мощные лампы обычно имеют низкую входную чувствительность, что делает их сложными в управлении, особенно с Hi-Gain схемах, и использование нескольких маленьких ламп может быть хорошей альтернативой. При применении нескольких маленьких ламп можно более гибко выбирать уровень усиления в зависимости от последующей нагрузки.
- Когда несколько устройств используются параллельно, то толерантность (переносимость) в целом улучшается, и это верно для всех электронных компонентов. Это ещё одна причина для использования параллельного соединения ламп в выходных каскадах, поскольку это даёт больше свободы от согласования и искажения кроссовера (в двухтактном усилителе). Конечно, толерантность компонентов наиболее важна в HiFi предусилителях, но и в гитарных усилителях она тоже может быть полезна.

Очевидный недостаток параллельного соединения, это «потеря» одного триода, который мог быть использован в других каскадах схемы, а также некоторое увеличение потребления тока схемой, особенно в выходных каскадах, так как нескольким параллельно соединённым лампам может потребоваться больший ток на накал и/или экранную сетку, чем одной более мощной лампе. Можно утверждать, что при обычном (последовательном) соединении триодов можно

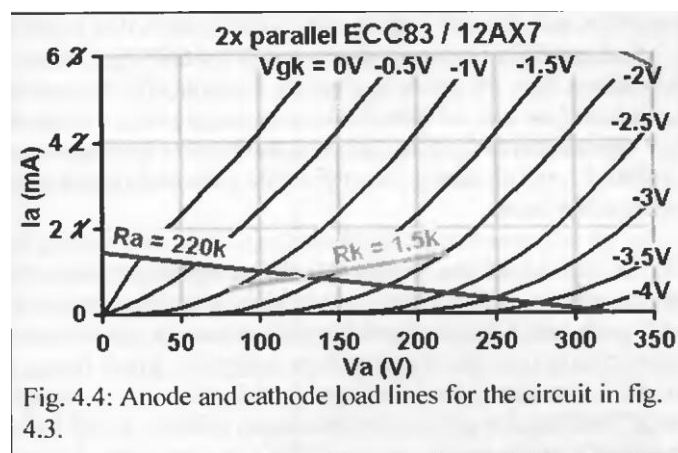
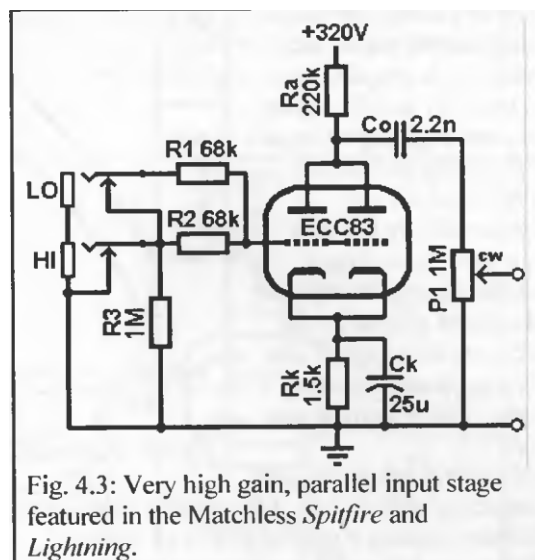
получить более глубокие регулировки тона звука, но это не всегда так, и об этом позже. Параллельное соединение, также требует большего сеточного тока, чем один триод из соединения. Это не так серьёзно для выходных пентодов, так как их сеточный ток, как правило, и так достаточно низкий. Для триодов, однако, использование слишком много параллельно подключённых ламп, может привести очень сурово звучащему перегрузу и повышается риск блокировочных искажений из-за слишком большого тока сетки. Правда, это может быть несколько скомпенсировано увеличением входной ёмкости (межэлектродные ёмкости удваиваются, при параллельном соединении), что поможет смягчить суровые, высокочастотные гармоники, но в любом случае это не является основной проблемой сети низкого тока, как так лампы типа ECC82 и ECC83 мы вряд ли когда-нибудь будем использовать более двух параллельно связанных триодов, а на таком уровне перегруз должен иметь приятную зернистость. Многие пользователи описывают звук параллельно соединённых триодов лампы ECC83 как более «жирный», чем при одиночном соединении, и это может быть так на самом деле, отчасти из-за увеличения входной ёмкости и генерации немного более мягкого тона.

Из выше изложенного должно быть понятно, что кроме «масштабирования» на графике статических анодных характеристик и увеличения межэлектродной ёмкости, разработка простых каскадов параллельного соединения триодов, будет такой же, как и при их одиночном соединении.

### Входной каскад Matchless

Давайте рассмотрим реальный пример, взятый из схемы известного усилителя Matchless Spitfire. На рис.4,3 показана схема, которая стоит на входе этого усилителя (та же входная цепь что и в Matchless Lightning). Первое что можно отметить, это то что анодный резистор имеет большое значение, особенно приняв во внимание что соединены триоды параллельно, подразумевая очень большой коэффициент усиления и входной сеточный блокиратор, также имеет большое значение, что даст входную ёмкость ещё больше обычного значения.

На рис.4,4 показаны линии нагрузки анода и катода. Сама линия проходит весьма низко из-за увеличения масштаба по оси токов, так что работа с графиком будет иметь менее точный результат чем хотелось бы, точка смещения попадает примерно на -1,3В, это очень тёплое смещение. Судя по градиенту сеточных кривых, эта точка смещения предполагает анодное сопротивление около 62K, что примерно тоже что и для одиночного триода ECC83 в обычных условиях. Очевидно, что эта схема не даст меньше шумов. Максимальный размах выходного сигнала очень велик около 295В, в то время как усиление около 76 (37,6дБ)!



Теперь мы можем вычислить входную ёмкость. Из паспортных данных имеем следующие значения:  $C_{ga}=1.6pF$ ,  $C_{gk}=1.6pF$ , но поскольку у нас два запараллеленных триода, то оба эти значения удваиваются, что даст 3,2pF. Применим формулу VII

$$C_{in} = C_{gk} + (C_{ga} * A)$$

$$C_{in} = 3,2 + (3,2 * 76) = 246 \text{ pF}$$

Это более чем удвоенное значение того что мы видим в разных схемах преампов.

Входные гнёзда соединены так что если необходимо высокое усиление резисторы R1 и R2 соединяются параллельно давая спад вокруг частоты 19кГц, которая является консервативно низкой (вход низкой чувствительности даёт тот же показатель, так как R2 замыкается на землю через другое входное гнездо). АЧХ каждого из входов показана на рис. 4,5.

Тем не менее, можно наблюдать спад высоких частот, даже если регулятор громкости на гитаре немного вывернут, что вызовет заметную потерю «звонкости» звука.

Также существует значительное ослабление низких частот в виду применения межкаскадного конденсатора довольно низкого номинала и это может ограничить блокировочные искажения в следующих этапах (в оригинальный усилителе не используется сеточный блокиратор на следующем каскаде). Выходное сопротивление анода определяется по формуле VIII, не забываем что значение  $r_A$  мы получили из нагрузочных линий, которое составило в итоге около 49К, давая спад на частоте 70Гц. Кроме того, не показанный на рисунке регулятор тембра стоящий после регулятора усиления P1, может визуально поднять уровень высоких частот в конечном звуке, чтоб компенсировать их потерю на входе.

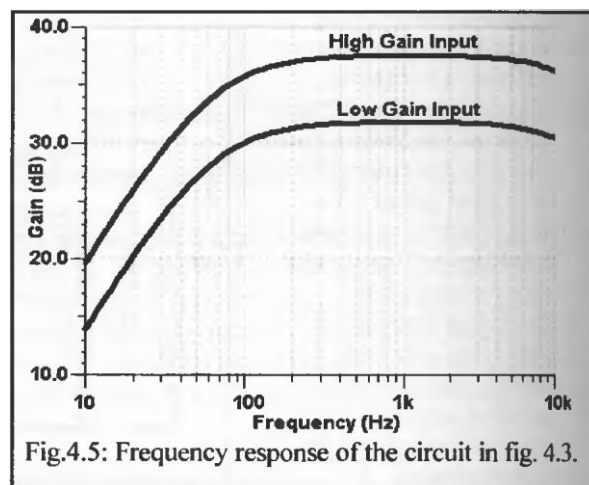


Fig.4.5: Frequency response of the circuit in fig. 4.3.

Оригинальный усилитель Matchless Spitfire простой усилитель, он имеет только входной каскад и фазоинвертор (не считая выходных ламп), поэтому стремление получить довольно высокий коэффициент усиления на входе вполне понятно, но этот же коэффициент усиления и зарез ВЧ во входной цепи ни как не подходит для применения в многоступенчатых предусилителях. Также интересно отметить что в Matchless Lightning имеет ещё дополнительно два этапа усиления после входного каскада, которые в значительной мере снижают долю низких частот, во избежание появления блокировочных искажений. Более элегантным решением было бы простое уменьшение анодного резистора во входном каскаде, скажем до 100К или даже ещё меньше, тем самым уменьшая усиление и входную ёмкость до более приемлемых уровней без потери в общем тоне перегрузки усилителя. Усилитель Matchless Clubman, с другой стороны использует во втором каскаде пентод с высоким коэффициентом усиления 6SH7, дабы не использовать входной каскад с высоким коэффициентом усиления, и применив в итоге параллельно включённые триоды с нагрузкой 10К в аноде и не зашунтированный 2,2К в катode, создав коэффициент усиления всего лишь 4! Более логичным решением было бы уменьшение коэффициента усиления пентода, что б он мог справиться с большим динамическим диапазоном, а также увеличить коэффициент усиления входного каскада больше обычного уровня, так чтоб усиление полезного сигнала было значительно выше уровня шума.

Справедливо будет отметить что большинство гитаристов не любят когда первый каскад имеет низкий уровень усиления, так как это снижает эффект от регулировки громкости на самой гитаре. К счастью, параллельно соединённые триоды, в частности, предлагают много возможностей для конструирования входного каскада, без ущерба для естественного звонкого звучания гитары. Учитывая это, мы должны изучить некоторые более сложные конструкции.

## Микшер с общим анодом

На рис. 4,6 показаны два триода и такое соединение называется микшер с общим анодом. Оно не сильно отличается от параллельно соединённых триодов во входном каскаде, о котором говорилось выше, за исключением того что сетки не связаны между собой. Вместо этого, каждая сетка соединена с отдельным входным гнездом, поэтому триоды могут усиливать разные сигналы, независимо друг от друга, а потому как они имеют общий анодный резистор, то сигналы смешиваются вместе на выходе. Анодное сопротивление  $r_A$  каждого триода будет являться нагрузкой для следующей стадии, что в итоге даст некоторые необычные результаты. Для упрощения будет считать, что каскад не сильно нагружен последующим этапом.

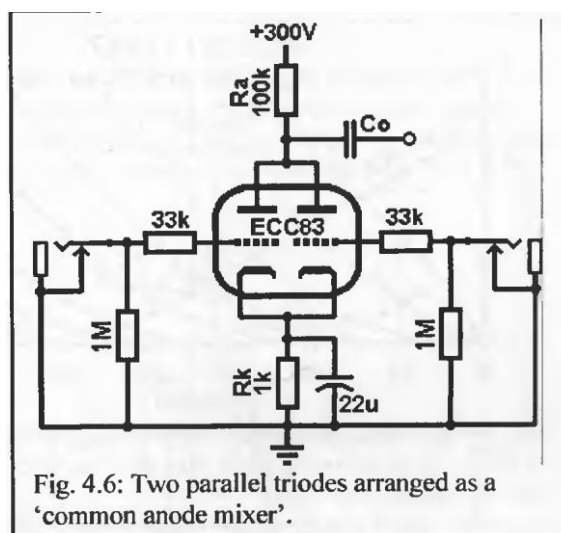


Fig. 4.6: Two parallel triodes arranged as a 'common anode mixer'.

В состоянии покоя и с нулевым напряжением на обеих сетках, каждый триод должен усиливать одинаково (при условии что они полностью идентичны), так что выбор анодного и катодного резисторов может быть сделан так же как это было сделано для обычной пары триодов в начале этой главы. Линии нагрузки анода и катода показаны на рис. 4.7, из которого можно узнать наши токи покоя для точки смещения  $V_{gk} = -1,4V$ . Ток покоя анода будет 1,4мА, тогда на каждом триоде получится 0,7мА. Однако усиления каждого из триодов по прежнему лишь примерно равны, так как оба триода работают самостоятельно (если они конечно не получили идентичные сигналы на вход, как при нормальном параллельном соединении триодов).

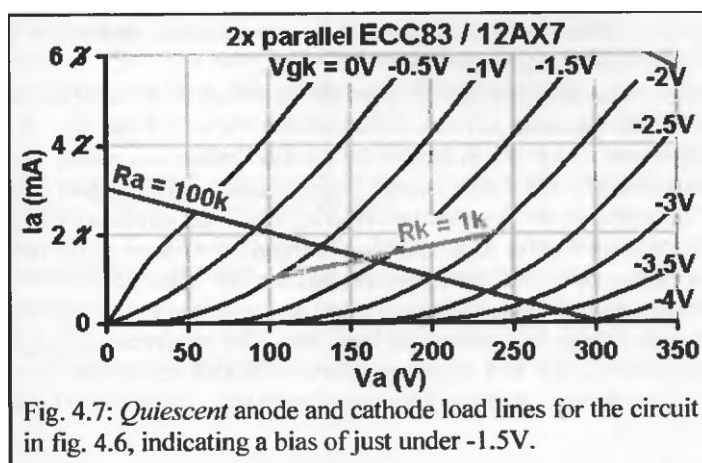


Fig. 4.7: Quiescent anode and cathode load lines for the circuit in fig. 4.6, indicating a bias of just under -1.5V.

Динамика работы каждого триода будет несколько неожиданной:

Мы знаем, что точка смещения, показанная на рис.4.7 это измениться не сможет (кроме небольшого прироста который можно наблюдать только в динамическом режиме) и это отражено на рис.4.8

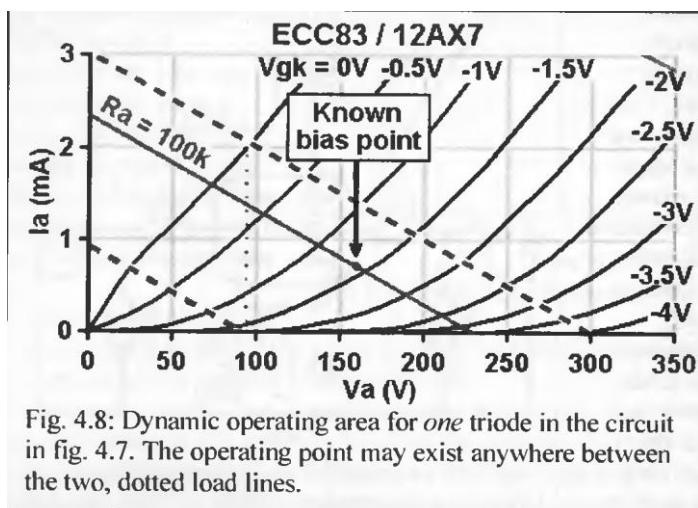


Fig. 4.8: Dynamic operating area for one triode in the circuit in fig. 4.7. The operating point may exist anywhere between the two, dotted load lines.

Если лампа находится в состоянии покоя и сигнал отсутствует, то ток по прежнему будет 0,7мА, сбивая напряжение питания на аноде на 70В. Нагрузка на анод лампы может быть представлена на простые 100K, постоим тогда линию нагрузки начинающуюся с 300-70=230В и проходящую через точку смещения, как это показано сплошной линией на рис. 4.8. Если используется только один вход, то с этой линией нагрузки мы получим коэффициент усиления примерно 54 (34дБ) и максимальный размах амплитуды

выходного сигнала около 155В. Обратите внимание, что мы не провели линию переменной нагрузки от последующего триода, и всё выглядит так словно имеем лишь нагрузку по постоянному току как будто ни какого межкаскадного конденсатора нет.

Однако, если предположить что один триод полностью исключён то от его влияния анодное напряжение не просаживается и мы можем полностью исключить его из схемы и тогда оставшийся триод видит анодный резистор только 100К и тогда начало линии нужно взять от полного напряжения питания 300В. Это линия нагрузки показана пунктиром, из которой видно что коэффициент усиления составит около 60 (35,6дБ) а максимальный анодный ток текущий через лампу будет чуть более 2мА при  $V_{gk}=0В$ .

Теперь предположим что другой триод, который является идентичным, в это же время тянет на себя этот максимальный ток 2мА. Это приведёт к падению анодного напряжения примерно до 95В, так же далеко сносим и линию нагрузки от нашего первого триода, что также показано пунктирной линией, коэффициент усиления составит тогда всего 45 (33дБ). Таким образом, в динамических условиях, когда оба триода усиливают разный сигнал, каждый из этих триодов постоянно меняет нагрузку для другого и каждая рабочая точка будет перемещаться между верхней и нижней из этого большинства линий нагрузки, на осциллографе это будет выглядеть постоянно меняющийся эллипс, располагающийся между двумя теоретическими линиями нагрузки. Максимальный размах выходного сигнала, выходное сопротивление, коэффициент усиления и входная ёмкость будут постоянно меняться и всё это приведёт к некоторым интересным гармоническим генерациям, что хорошо подходит для гитарного усилителя.

Схема, показанная на рис. 4.6, очень похожа на схему входного каскада усилителя *Fender TV front Bassman*, но этот тип микшера может быть использован в любом месте схемы предусилителя, чтобы, к примеру, смешать для отдельных каналов. Единственное стоит отметить то, что если два триода получают идентичные входные сигналы, но разные по фазе (отстающие на  $180^\circ$  друг от друга), то каждый из триодов будет работать в прямо противоположном цикле другому, как бы взаимно гася друг друга, и выходного сигнала у нас, соответственно не будет. Конечно, мы вряд ли когда-нибудь получим такую ситуацию на практике.

В рассмотренных выше случаях использовался так же общий катодный резистор, который имел полный обход катодным конденсатором для максимального усиления. Тем не менее, мы можем использовать отдельное катодное смещение для каждого триода, что так же подразумевает и дополнительные возможности. На рисунке 4.9 показан один из таких примеров. Теперь мы имеем два триода с довольно разными характеристиками усиления; V1a имеет не шунтированный катодный резистор 2,2К, в то время как второй триод V1b имеет резистор 820 Ом с частичным шунтированием, что подразумевает более тёплое смещение и высокий коэффициент усиления, чем на триоде V1a. Попытка построить нагрузочные линии для этого случая, займёт очень много времени, поэтому легче предварительно прикинуть подходящее значение катодного резистора и подкорректировать окончательно его уже на построенной схеме. Мы можем рассчитать коэффициент усиления каждого триода обычным способом, используя формулы III и IV. Вновь считая что этот этап не сильно нагружен последующими участками схемы. Поскольку у нас нет видимого примера линий нагрузки для более подробного изучения, то примем значения  $\mu=100$ ;  $r_A=63K$ . Что даст усиление для V1a:

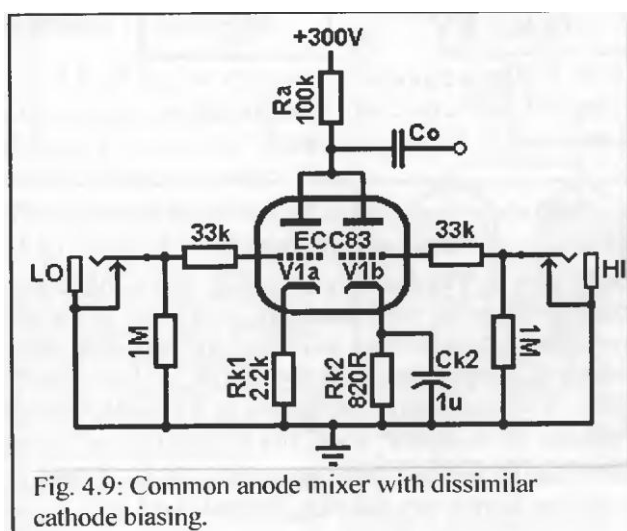


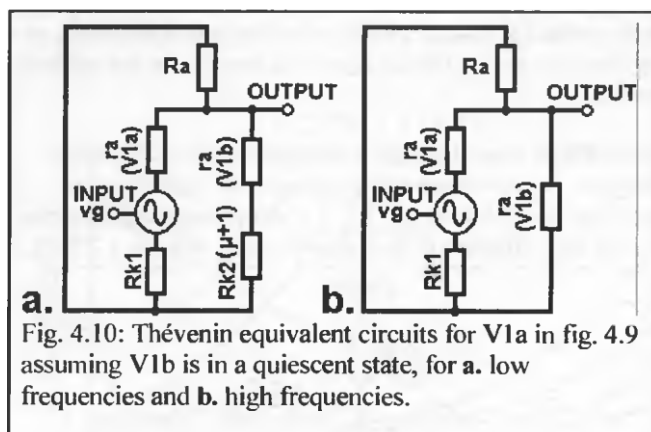
Fig. 4.9: Common anode mixer with dissimilar cathode biasing.

$$A = \frac{\mu \cdot R_a}{R_a + r_a + R_k(\mu + 1)} = \frac{100 \times 100k}{100k + 63k + 2.2k \cdot (100 + 1)} = 26 \text{ (28dB)}.$$

И для V1b применительно к средним и высоким частотам:

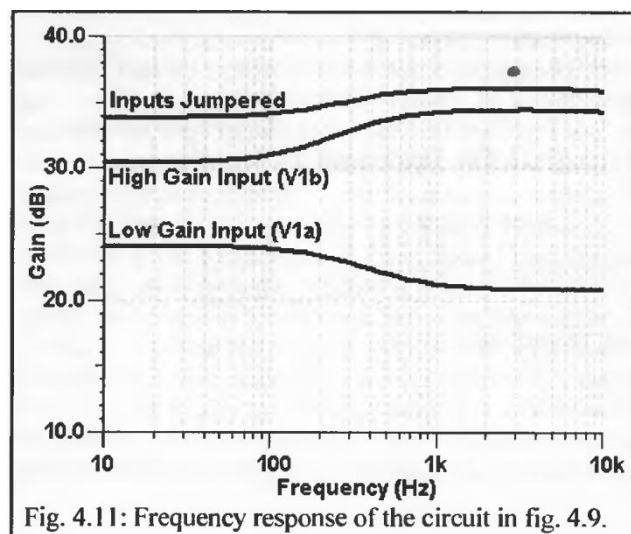
$$A = \frac{\mu \cdot R_a}{R_a + r_a} = \frac{100 \times 100k}{100k + 63k} = 61 \text{ (35.7dB)}.$$

На практике эти значения несколько меньше, в связи с влиянием нагрузки на каждый триод. Сразу можно обратить внимание что таким образом получили два входа один высокого (*High Gain*) и один низкого (*Low Gain*) усиления.



Вход с высокой чувствительностью будет у триода V1b, с частично шунтированным катодным конденсатором Ck2, что даёт средний уровень подъёма на частоте около 190Гц. Однако это сказывается и на работе триода V1a: В первой главе было сказано, что при взгляде с анода, сопротивление в катode умножается на  $(\mu + 1)$ , поэтому на низких частотах, когда Ck в цепи эффективно разомкнут, нагрузка для триода V1a по V1b должна быть:  $R_a + R_{k2}(\mu + 1) = 146K$ . На высоких частотах, когда Ck2 полностью обходит Rk2 и V1a видит только сопротивление  $r_a = 63K$ . Об этом свидетельствует эквивалентная

схема с источником напряжения показанная на рис. 4.10. Поэтому, даже тогда когда V1b не нагружен, V1a по прежнему работает с динамической нагрузкой, поэтому его усиление и максимальный размах выходного сигнала будет меньше на высоких частотах из-за большой нагрузки по постоянному току образованной, анодным сопротивлением V1b. Не шунтированный катод V1a, будет представлять постоянное сопротивление для V1b  $r_a + R_{k1}(\mu + 1) = 250K$ . Таким образом, если триод V1a не нагружен, то V1b видит нагрузку постоянного сопротивления и коэффициент усиления и другие параметры будут не изменены. Если оба триода нагружены (на вход подаётся сигнал), то мы будем иметь очень сложные динамические нагрузки, как в предыдущем примере.



На рис. 4.11 показана частота резонанса в зависимости от используемого входа, в том числе и когда входы объединены и как видно фактическое усиление каждого участка, немного ниже его расчётного значения. На рисунке чётко видно снижение коэффициента усиления на высоких частотах у триода V1a вызванное нагрузкой от триода V1b. Потеря высоких частот составит около -3дБ, этого не достаточно чтоб «притупить» тон звука, но может вполне добавить мягкости звучанию, в то время как небольшой подъём высоких частот при использовании *High Gain* входа, добавит усиления яркости (ясности) звучанию.

Отметим, что принцип схемы входного каскада изображённого на рис.4,9 может быть применён и в других участках схемы. Например, при смешивании в усилителе «сухого» сигнала большой амплитуды и «мокрого» малой, полученного после петли эффектов, при этом может быть, очень удобно использовать микшер с входами высокого и низкого усиления как рассмотренный выше, чтоб на выходе получить уже смешанный сигнал одного уровня [см. рис.11.19]. Кроме того, если соединить обе сетки вместе, как в стандартном параллельном соединении триодов, мы получим очень текстурированные гармоники и при этом стоит поэкспериментировать со смещением катода. Такая схема очень хорошо подойдёт для «чистых» усилителей, а также для усилителей среднего уровня перегруза для акустики, джаза, блюза и бас гитар, где этот тип генерирования гармоник может помочь добавить «яркости» и «теплоты» к тону, и даже может быть использовано как простое средство для формирования перегрузки усилителя мощности.

Ещё одна вариация это микшер с общим анодом, показанный на рисунке 4.12, так же показан один из вариантов исполнения регулировки смешивания. Потенциометр P1, позволяет варьировать обходом каждого катода, от незначительного до полного, а конденсаторы Ck1 и Ck2, также отсекают постоянную составляющую от потенциометра, исключая хруст в его работе. Таким образом, усиление каждого триода может варьироваться от минимального (разблокирован) до максимального (полный обход конденсатором) в противоположно друг другу, так что сигналы могут быть смешаны в нужной пропорции, что очень полезно при смешивании «мокрого» сигнала с «сухим», или при смешивании звука от чистого канала со звуком от канала высокого усиления (High Gain). В показанном примере используется лампа ECC83, но тот же принцип может быть использован и с другими лампами и любой другой комбинацией анодных и катодных резисторов и конечно, шунтирующих конденсаторов.

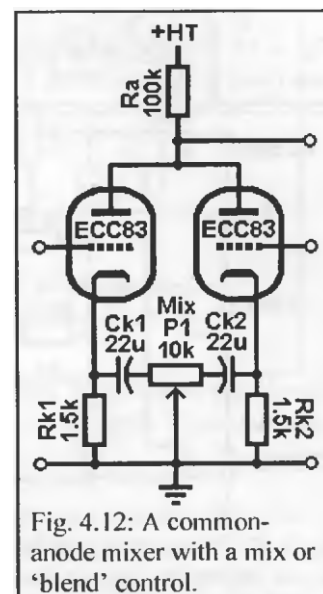


Fig. 4.12: A common-anode mixer with a mix or 'blend' control.

### Переключаемые конструкции

К этому моменту читатель должен уже понимать, что параллельно соединённая пара триодов, может дать столько же тональных возможностей как те же триоды соединённые последовательно или даже как пентод. Но мы не должны ограничиваться только какими либо типовыми схемами. Приложив не много изобретательности, можно разработать переключаемые конструкции. Что значительно расширит рассмотренные выше возможности.

На рисунке 4.13 изображена по сути та же схема что и на рисунке 4.6, за исключением того что коммутация входных гнезд устроена так что если мы используем «чистый» вход (Clean) то

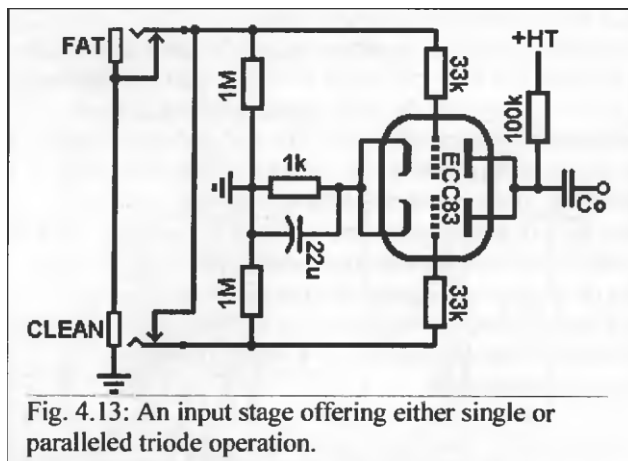
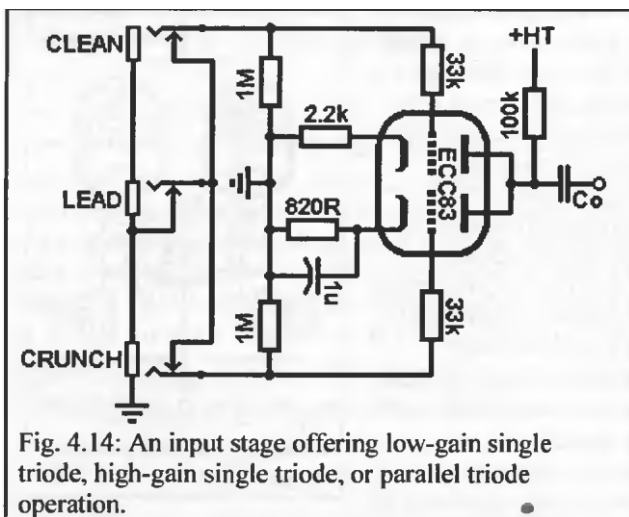


Fig. 4.13: An input stage offering either single or paralleled triode operation.

работает только один триод, в то время как второй вход остаётся не задействованным. Если мы используем только Fat (жирный) вход, то работают сразу оба триода в параллельном включении, создавая чуть большее усиление, более насыщенный тон и низкий уровень шума. При использовании одновременно каждого из входов, каждый триод работает независимо.

Конечно когда не один из входов не используется, они подключены к земле через Fat вход, для обеспечения тишины. Это решение является хорошей альтернативой

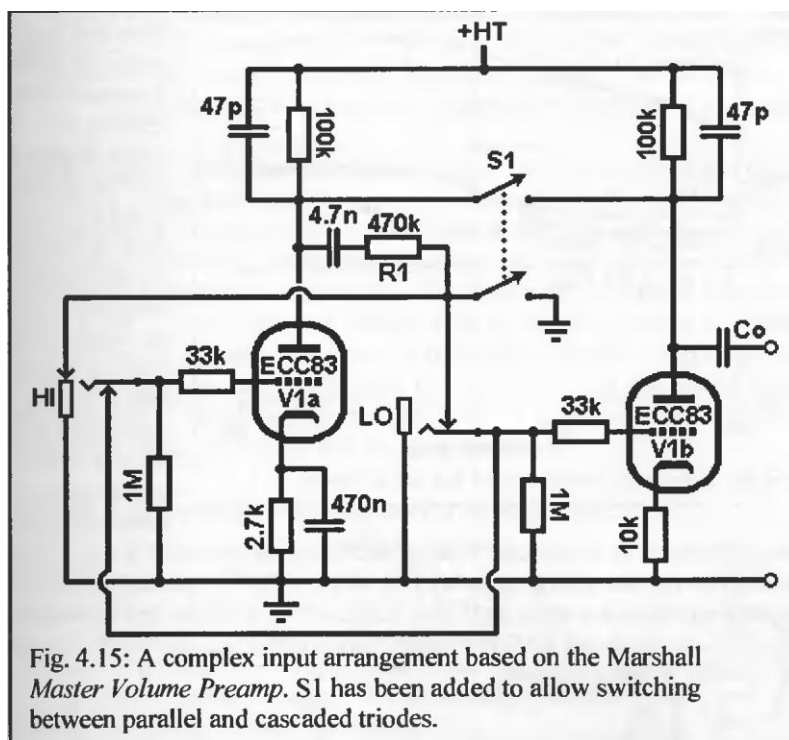




входному каскаду усилителя Matchless Spitfire, обсуждаемого выше. На рисунке 4.14 показано развитие этой идеи. Кроме того, это также модификация схемы изображённой на рисунке 4.9, но с добавлением третьего входного гнезда. При подключении только в Clean вход получаем низкий коэффициент усиления, остальные гнёзда заземлены через гнездо Lead. При использовании только Crunch входа, получаем более высокий коэффициент усиления, остальные гнёзда также заземлены. А когда используется Lead вход используются оба триода во входной цепи, в итоге мы имеем чуть

большой коэффициент усиления, а также более текстурированный звук. (см. также рис.4.11).

Ну и наконец, на рис. 4.15 показан более сложный вариант этой конструкции. Эта схема базируется на схеме входного каскада предусилителя *Marshall Master Volume*, который появился в 1970-х годах, а уже в 1980-х с появлением JMP и JCM800 серий усилителей, стали делать более грамотное переключение между гнёздами. Сдвоенный переключатель S1, был добавлен к оригинальной конструкции, чтобы позволять переключаться между параллельным или каскадным (последовательным) соединением триодов, для этого потребуется пояснение:



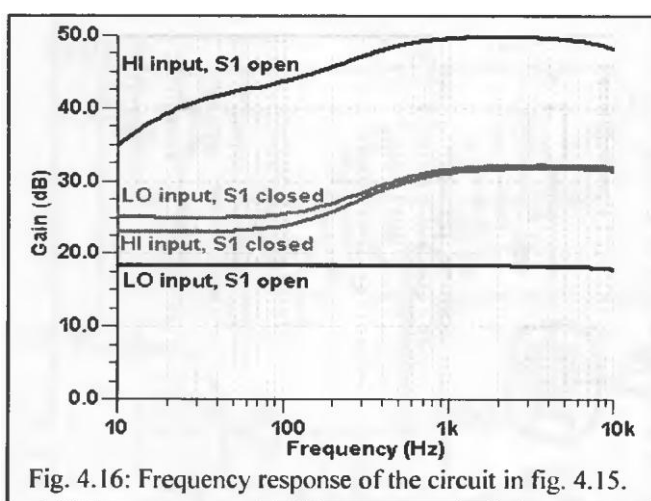
Как видно из схемы, S1 показан в той позиции (open), в которой схема работает как в оригинальном усилителе: Когда используется Lo вход, только один из триодов используется для усиления сигнала (так как Low гнездо размыкает цепочку от входа Hi). Триод V1b имеет не шунтированный катод и очень низкий коэффициент усиления. Отметим, что выход триода V1a заземлён через резистор R1 в гнезде Hi, таким образом не внося никаких посторонних звуков при использовании только одного триода V1b.

При подключении во вход Hi, резистор R1 отсоединён от земли и подключается к входному гнезду Lo. Таким образом, выход триода V1a открыт для подачи сигнала через конденсатор и гасящий резистор R1. В этом случае триоды соединяются каскадно (последовательно) обеспечивая

высокий коэффициент усиления всей цепочки. Триод V1a имеет частичное шунтирование катода, при котором средний уровень усиления образуется на частоте 120Гц.

Теперь рассмотрим ситуацию когда переключатель S1 включен (closed) в противоположное положение. Получается что аноды лампы соединены друг с другом для параллельного включения (анодные резисторы соединяясь параллельно, дают суммарную нагрузку 50K). Теперь, при подключении в Hi вход, только один триод V1a получает входной сигнал, а вход триода V1b заземлён. Триод V1b будет создавать нагрузку для всей лампы V1, хотя мы получим ситуацию аналогичную той, что была изображена на рисунке 4.14, при подключении в Crunch вход. Положение S1 также гарантирует что резистор R1 будет всё время подключен к земле, чтобы избежать попадания сигнала с выхода V1a на сетку V1b. При этом значение R1 настолько велико, что он не создаёт значительных нагрузок для триода.

При подключении в Lo вход, лампа получает входной сигнал, при этом получаем режим параллельного соединения триодов, как это было изображено на рисунке 4.14, когда был задействован Lead вход. В каком-то смысле входы Lo и Hi поменялись ролями.



Таким образом, получаем четыре возможные тональные вариации, в зависимости от используемого входа и положения S1. Основным недостатком такой схемы является громкий щелчок при переключении S1, так коммутируется постоянное напряжение. Добавление конденсаторов шунтирующих анодные резисторы, может немного помочь сгладить это, а так же уменьшить риск паразитных колебаний при подключении в каскадный (последовательный) режим. На рисунке 4.16 показана частотная характеристика после выхода триода V1b для каждого из вариантов подключения.

Обратите внимание, что в параллельном режиме, разница между входами лишь в небольшом подъёме усиления, но наиболее большая разница будет в самом тоне звука. Большей разницы

между этими режимами можно добиться изменением резистора в катоде и/или его конденсатора, всегда стоит поэкспериментировать с этим. Из-за относительной сложности схемы, сделан эскиз её макетирования, показанный на рисунке 4.17, для упрощения провода накала не показаны. На рисунке показаны стерео гнезда, но подойдёт и моно. Переключатель S1 показан как обычный сдвоенный (DPDT) тумблер на два положения, но подойдет и обычный сдвоенный на одно положение (SPDT).

