

Вступление

Уже не одно поколение гитаристов отдаёт предпочтение ламповой аппаратуре, об этом можно рассуждать очень долго (немало копий сломано, чернил исписано, клавиш сломано, пива выпито во время обсуждения этой темы), но это выходит за пределы нашей статьи. Также не одно поколение паяльщиков собирает ламповые усилители, и нет, пожалуй, такого новичка в гитарном паянии который не хотел бы собрать ламповый усилитель (и минимум 100 Вт сразу☺). Мечтают многие, но не все из них решаются сразу на сборку полноценного усилителя, и, даже, из этого количества далеко не все разрешили все сложные вопросы до того, как начать сборку. Вся информация разбита на части и разбросана по различным форумам и сайтам. Целью нашей работы является рассказать **простым** языком об устройстве популярных схем гитарных ламповых усилителей. Искренне надеемся, что эта статья поможет вам в осуществлении своих целей!

1. Основные части усилителя

Гитарный усилитель состоит из двух основных частей это предусилитель(Preamp, пред) и усилитель мощности (Poweramp, УМ, мощник, оконечник). В чём предназначение каждой составляющей?

Сигнал с электрогитары имеет довольно низкую амплитуду (в синглов он более слабый, у хамбакеров - чуть сильнее, но также зависит от того, с какой силой мы дергаем струны и как быстро мы это делаем, но, все же, этого сигнала недостаточно, чтоб мы услышали громкий звук в динамиках) и, как правило, довольно беден по своему тембру (в неподключенной гитаре мы слышим само дерево). Этот сигнал поступает на предусилитель в котором производит его предварительное усиление (от чего он и носит такое название, фактически происходит раскачка сигнала до нужного уровня), а также (возможно и главное) происходит формирование основного тембра звука, то есть усиление определённого спектра частот с возможностью регулировки тембра и уровня усиления (перегруза – еще на заре продвижения электрогитар в массы услышали, что если на лампу подать больший сигнал, чем она может усилить, то наступает перегруз по уровню сигнала, что звучит весьма интересно), что делает звук более насыщенным, а также добавляет значительную долю искажений в звук электрогитары, что наиболее важно в современных стилях музыки. Считается, что именно предусилитель создаёт тот самый звук, с которым у нас ассоциируется та или иная модель усилителя, поэтому среди большинства паяльщиков так распространено собирать именно предусилители (преампы), но отмечу сразу, забегая немного вперёд, что усилитель мощности (а особенно применяемые в нём лампы и режим их работы) играют немалую роль в формировании конечного тембра звука. И так сигнал имеет нужную амплитуду и тембровый окрас и поступает на усилитель мощности. Основная задача которого «раскачать» его до требуемой мощности (дать такую мощность, чтоб мы могли услышать в динамике/динамиках). И именно на структуре оконечника более всего заострена эта статья.



2. Основные виды усилителей мощности

Начнём разбивку по принципу работы. Это однотактные (SE - single end) и двухтактные (PP – push pull).

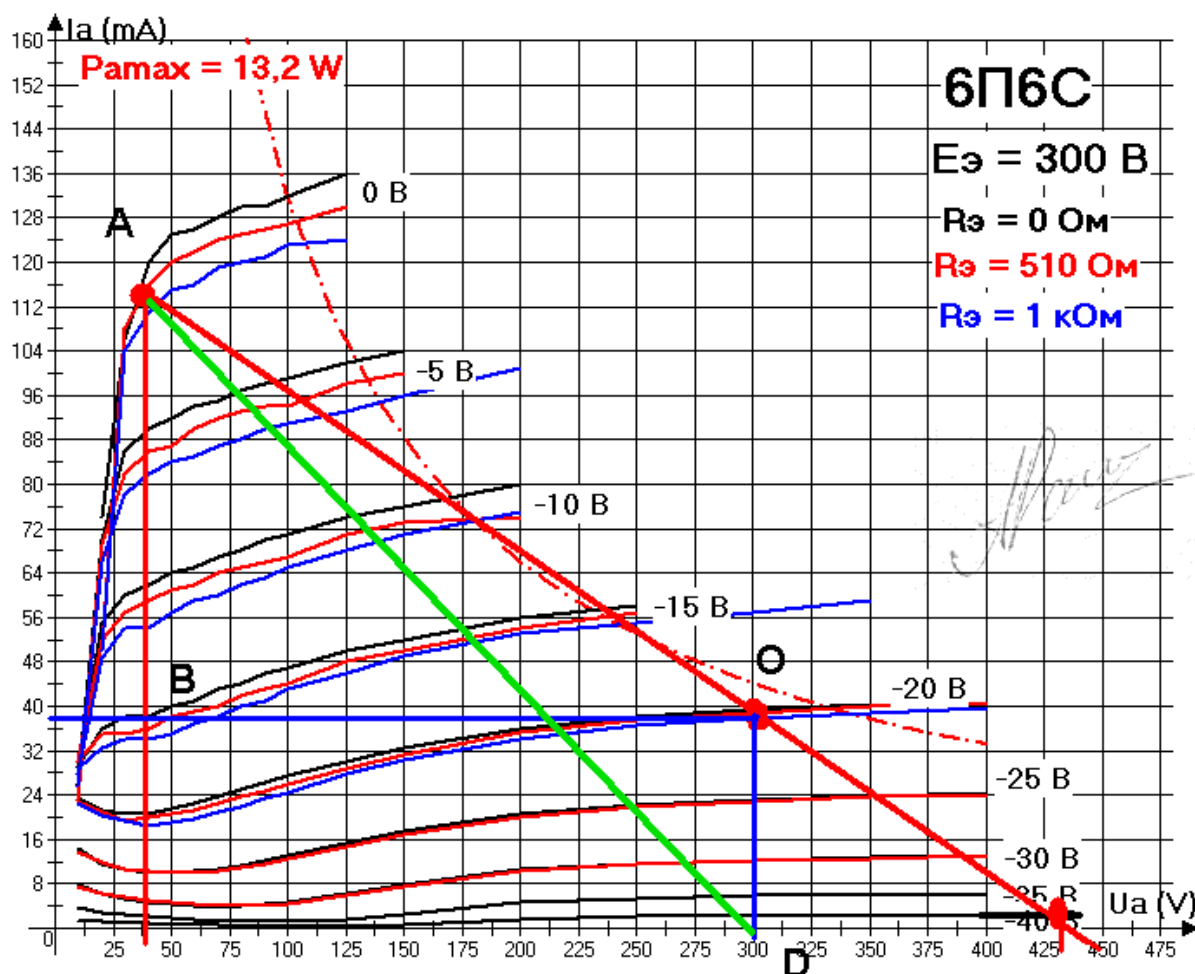
В чём принципиальная разница между ними? Для новичка это прежде всего количество ламп:

- одна в SE (может быть и несколько, которые работают параллельно, особенностью этого типа усилителей является то, что сигнал с предусилителя поступает на эту оконечную «умощняющую» лампу, при этом мощность, в основном, такого усилителя несколько ватт)

- кратное двум в PP (здесь сигнал от предусилителя идет не напрямую к выходным лампам, а проходит через специальный элемент, которые называется фазоинвертором, который тоже вносит свою долю в слышимый нами звук).

Собственно, количество ламп в оконечнике влияет на выходную мощность – чем их больше, тем и мощность будет больше (логично), но требования к некоторым остальным элементам усилителя тоже изменяются.

И так для начала посмотрим на вольт амперные характеристики лампы (ВАХ), для примера возьмём 6П6С (анодное напряжение 300В и напряжение (потенциал) на второй сетке тоже 300В) и проведём и линию тока лампы АО (она в некоторых местах будет искривляться) и продолжим ее дальше, а также линию разностного тока AD (в двухтактах она будет истинной линией нагрузки, она нужна для расчета сопротивления анодной нагрузки R_a). Точка А выбирается на изгибе кривой (точка перегиба), которая соответствует кривой 0В, а вторая проходит через точку покоя лампы (АО) – это когда на лампу не подается сигнал (или амплитуда сигнала равна 0В), но при этом усилитель включен. Точка D соответствует анодному напряжению, которое поступает от блока питания. Точка покоя имеет 2 величины: напряжение анода U_a и ток покоя I_0 . Если теперь на лампу подавать сигнал, то в зависимости от его амплитуды значения анодного тока и напряжения на аноде будут изменяться таким образом, что в каждый момент они будут принадлежать линии тока ОА или ее продолжению до оси напряжений. (Все ВАХи взяты с сайта <http://valvelab.pochta.ru/index.htm>).



В зависимости от того, с какими входными сигналами работает лампа (каскад), возможны 3 основных момента: <http://www.guitar-gear.ru>

1. На лампу не подается такой сигнал, который бы мог приводить к ее запиранию и отсутствию анодного тока в некоторые моменты – имеем усилитель класса А с приятным звучанием, но с неэкономичными режимами.

Немного о смещении. Лампа при работе представляет собой некоторый кран, который пропускает анодный ток (он выступает в роли воды). У каждого крана есть своя ручка, которая регулирует поток воды на выходе. В роли этой ручки выступает отрицательное относительно катоды лампы напряжение на ее управляющей (первой) сетке. Этим напряжением мы устанавливаем ток покоя лампы (как бы начальный поток воды), а дальше входной сигнал меняет напряжение на первой сетке относительно катода и тем самым меняет анодный ток (как будто мы начинаем крутить ручку крана туда-сюда относительно начального ее положения). И вот если у нас на лампе смещение $-10V$, а мы подадим на лампу сигнал $+5V$ (общей амплитудой $10V$), то эти напряжения складываются и мы получаем $-10V + 5V = -5V$, это значит, что значение напряжения и анодного тока будут находиться в точке пересечения нагрузочной прямой и кривой $-5V$. Если же подать на ту же лампу сигнал $-5V$, то получим $-10V - 5V = -15V$, то есть в данный момент напряжение на аноде и анодный ток мы найдем в месте пересечения нагрузочной прямой и кривой $-15V$. Если на лампу подать большой отрицательный сигнал (или установить большое напряжение смещения), то лампа заперется и перестанет пропускать ток от катода – то есть лампа перестанет исполнять свои усилительные функции. Если же на сетку подать большой положительный сигнал, то напряжение на сетке превысит $0V$ и войдет в область положительных значений. Поскольку лампа полностью открыта и больше сигнал усилить не может, то при этом наступает перегруз лампы и верхняя волна подрезается – меняется форма сигнала.

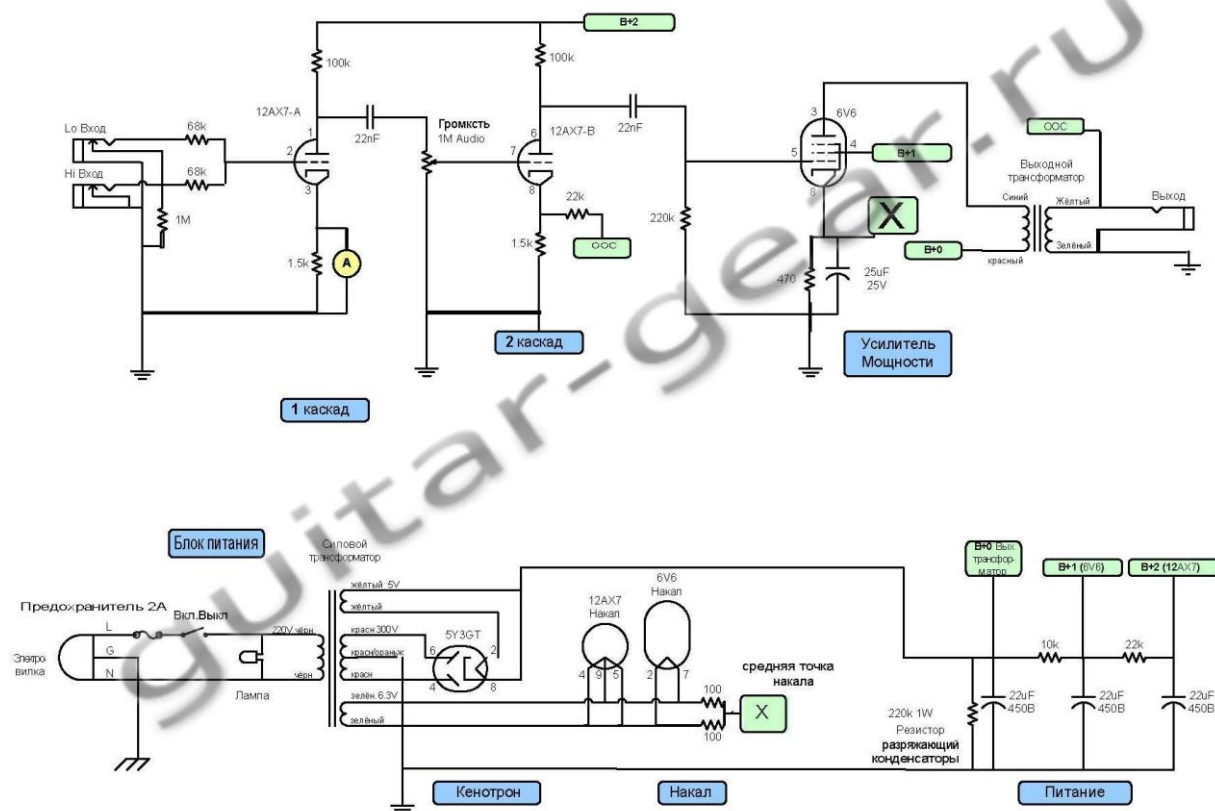
Вот теперь посмотрим на график. Точка О – точка покоя, точка А – точка максимального тока, АО – это линия тока лампы. Точка О соответствует напряжению смещения $-20V$, а это значит, что мы можем подать сигнал амплитудой от $-20V$ до $+20V$. Тогда напряжение на первой сетке будет меняться от $-40V$ (видим внизу такую кривую) и до $0V$.

Если посмотреть на график, то видно, что напряжение на аноде может быть больше напряжения, что подается от блока питания. Как это возможно? Все дело в том, что выходной трансформатор являет собой катушку, а в катушке действует ЭДС самоиндукции. Вот она и дает «сверхвольты».

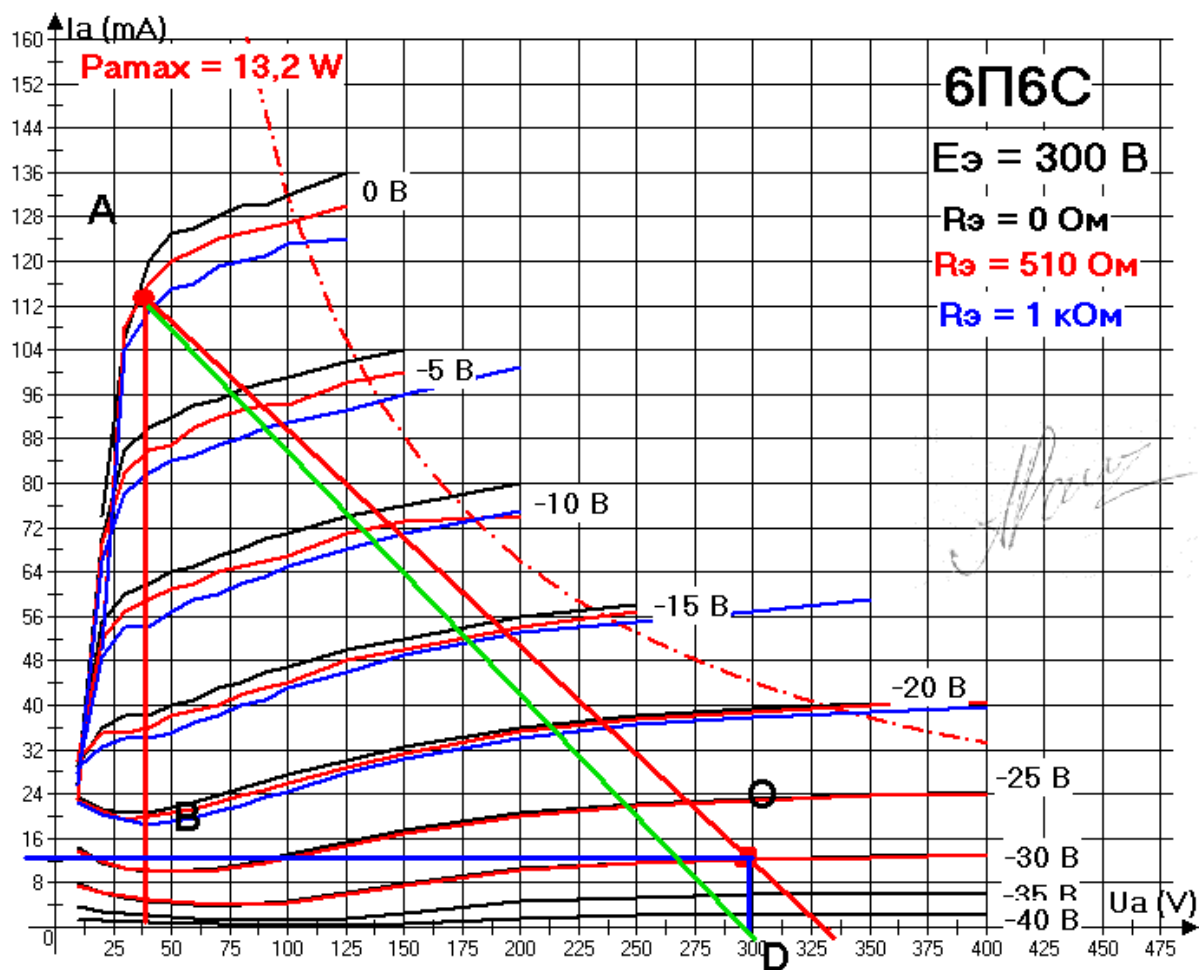
Если мы хотим посчитать выходную мощность, то она будет равна площади треугольника АОВ, то есть $P=0,5 \cdot AV \cdot OV$.

По данному принципу работают все однотактные усилители (SE). К ним можно отнести Fender Champ и другие, в которых выходной стоит одна (или несколько включенных параллельно, что есть очень большой редкостью).

Fender Champ 5F1 Принципиальная схема



2. Но предположим, что нужно получить большую выходную мощность, тогда необходимо увеличить амплитуду сигнала поступающего на управляющую сетку лампы, но как это было описано выше тогда сигнал будет срезан, следовательно точку смещения нужно сместить, так как выше мы сместить не можем, смещаем вниз.



Возьмём напряжение смещения -30В, точка О. Тогда мы можем подать сигнал от +30В и где-то до -15В. Если подать уже -16В и дальше в сторону отрицательных значений, то произойдет запираение лампы. Верхняя полуволна при этом усиливается без ограничений, а нижняя срезается после прохода через точку запираения лампы. То есть становится необходимо как-то добыть ещё и нижнюю полуволну, если предположить что есть вторая выходная лампа и на ней усиливается только нижняя полуволна тогда всё встаёт на свои места и остаётся только подать на эту лампу противофазу нашего сигнала, тогда получится что лампы работают периодически, то есть сначала одно на своей полуволне, затем вторая на своей. Но надо сделать так, чтоб на одну лампу поступала только верхняя полуволна сигнала, а нижнюю надо развернуть на 180 градусов (чтоб лампа нормально работала и не запиралась). Для разворота нижней полуволны служит фазоинвертор. Так работает двухтактный усилитель в классе АВ.

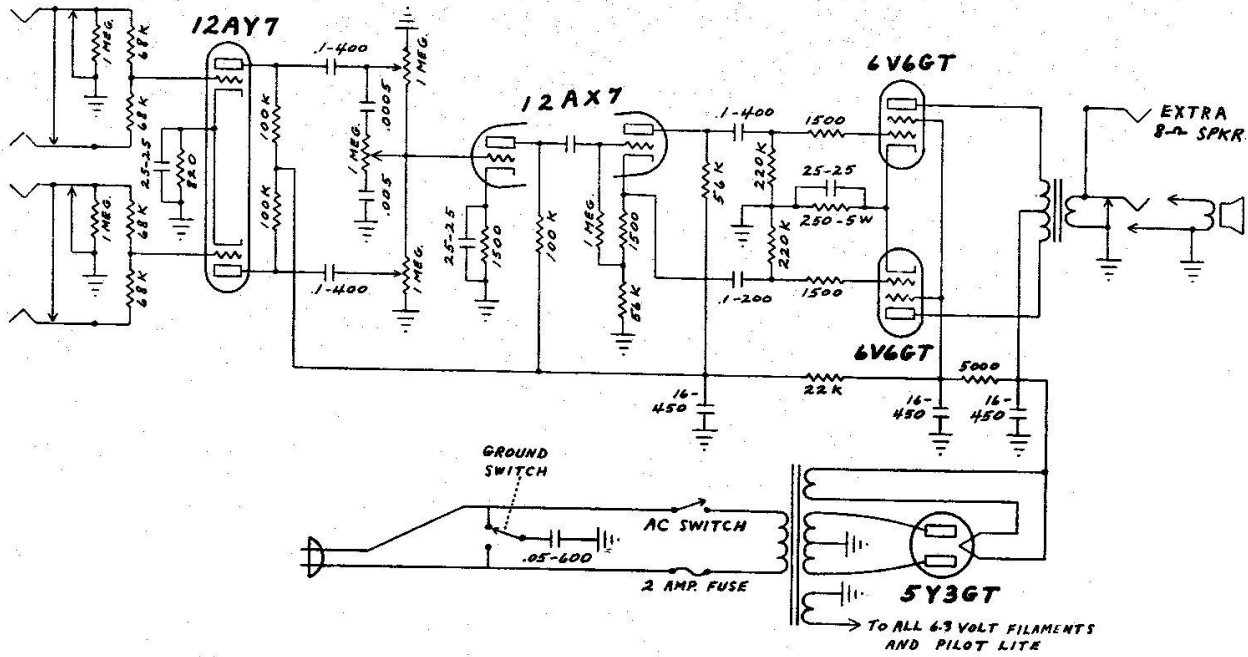
Если мы посмотрим на рисунок и сравним треугольники для класса А и класса АВ, то у видим, что в последнем случае он будет больше, а значит площадь-мощность тоже будут больше.

Большинство гитарных усилителей работают в классе АВ, например Fender Deluxe, Marshall 2204, Marshall 18w.

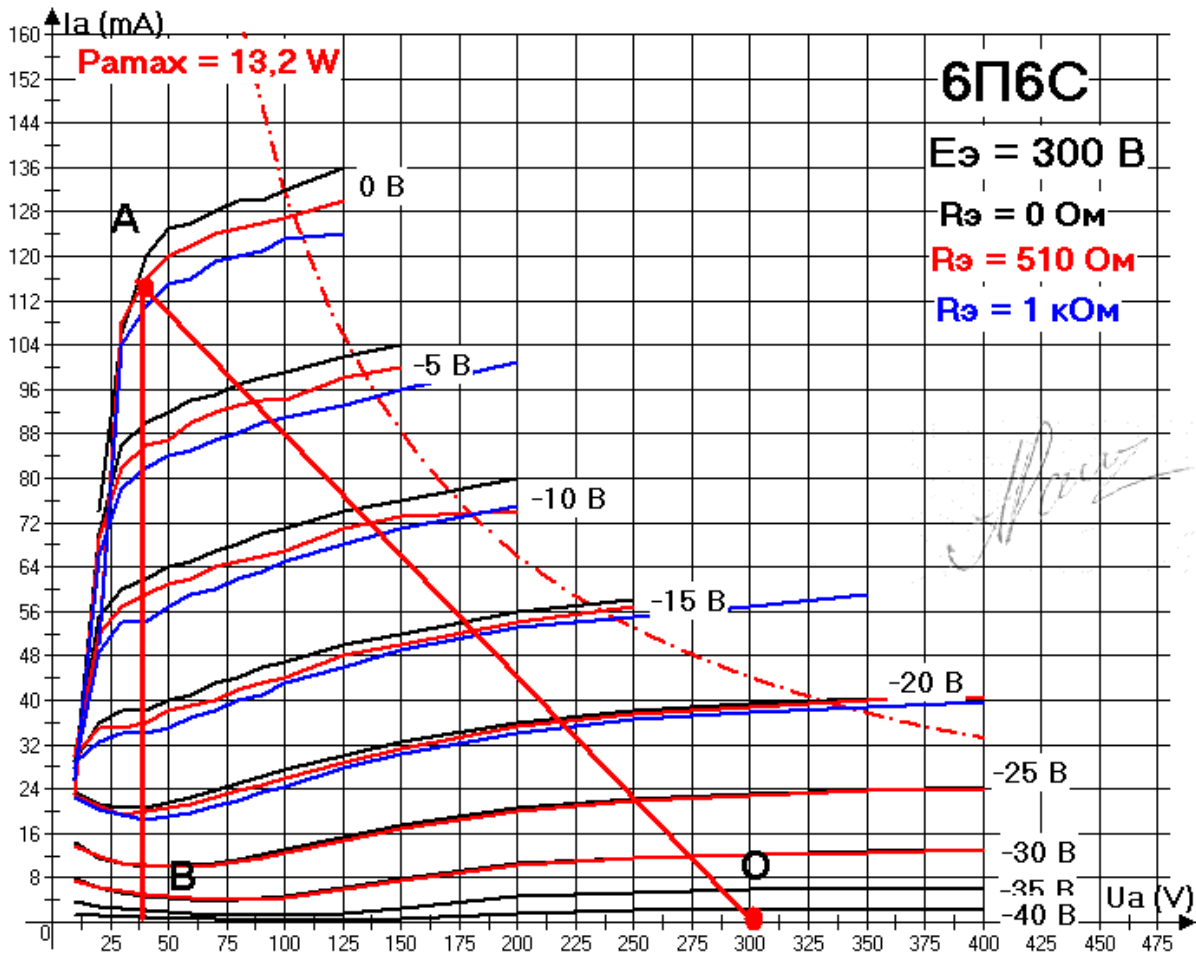
FENDER "DELUXE" SCHEMATIC

MODEL 5E3

F-EE



3. Если на первую сетку подать такое смещение, чтоб лампа в режиме покоя вообще была заперта, то мы получим класс В. Вот здесь выходные лампы строго будут работать по очереди (в классе АВ есть некоторые промежутки времени, когда лампы работают парно). А еще здесь совпадают нагрузочная линия и линия тока лампы.



Если посмотрим на треугольник АОВ, то он еще больше, чем в классе АВ, а значит площадь-мощность тоже больше.

Логично было бы использовать класс В во всех оконечниках для достижения большой мощности и экономичности, но такой оконечник будет вносить неприятные искажения в звук. Поэтому оконечники в классе В совсем не встречаются в гитарном усилении.

Однотактные усилители могут работать только в классе А, а вот для двухтактных здесь раздолье - от класса А до класса В.

Двухтакты, по сравнению с однотактами, имеют КПД до 60-70%, в следствие чего более экономичны. При использовании РР, разработчик усилителя может легко добиться большой выходной мощности от усилителя. Но как говорится, нет худа без добра... При построении усилителей РР, лампы также как и в А классе загоняют в линейный участок ВАХ лампы. Но усилитель, как бы мы не старались, никогда не зазвучит как усилитель SE, т.к. у нас каждую полуволну усиливает своя часть усилителя - отдельная лампа. А далеко не секрет, что подобрать 2е лампы 100% идентичные друг другу не возможно, поэтому, в момент когда усиление переходит от одной лампы к другой, происходят переходные процессы, которые весьма искажают звук.

Напомним что класс усилителя А или АВ зависит от выбранной точки смещения, а не от количества ламп, таким образом возможно и двухтактный усилитель сделать работающим в классе А, например усилители Matchless и BadCat.

3. Смещение выходных ламп

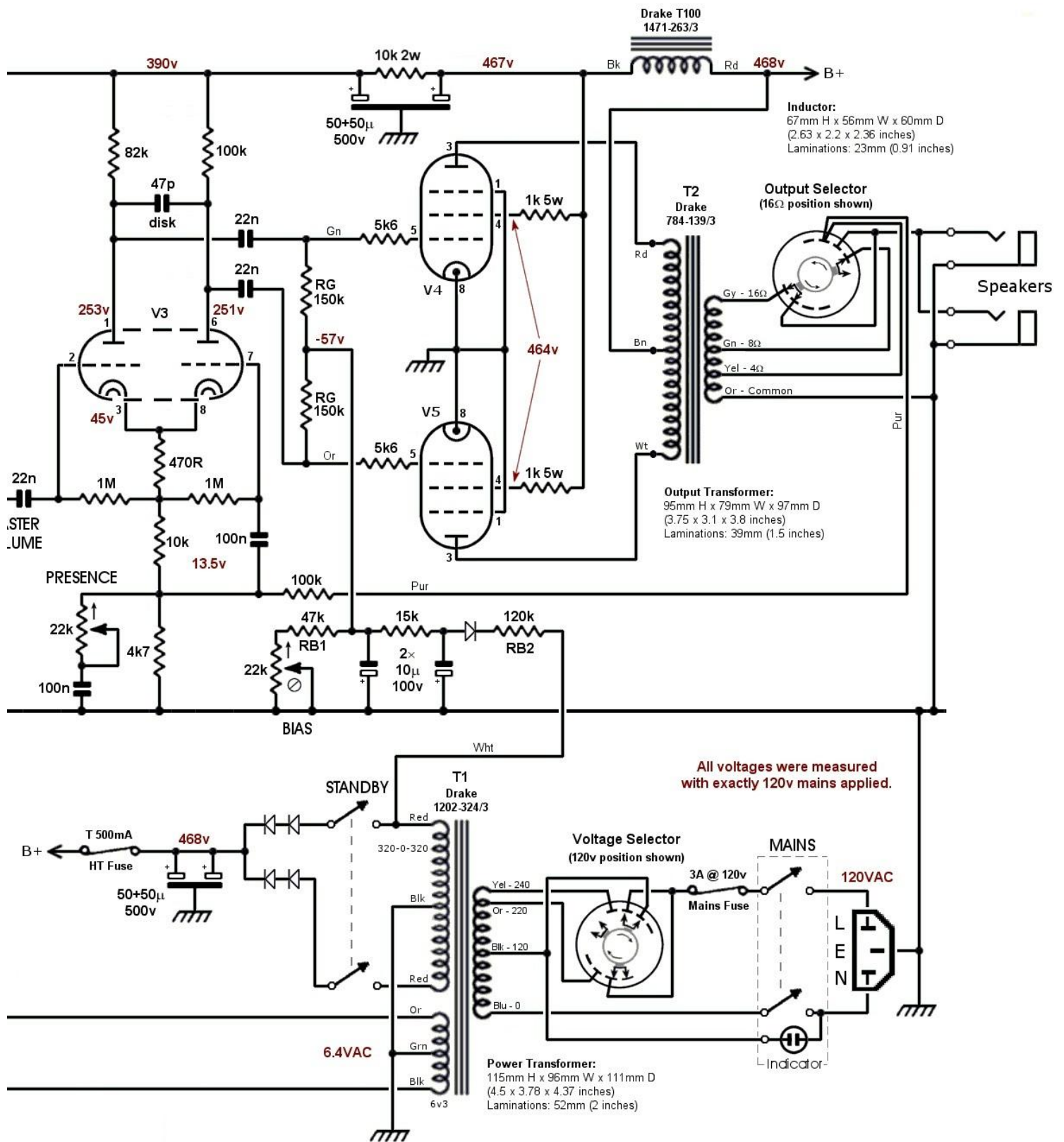
Теперь рассмотрим как получить на выходной лампе эту рабочую точку, которая называется точкой покоя и подать напряжение смещения на сетку. Есть два пути реализации этого, это фиксированное смещение и автоматическое.

Автоматическое смещение – есть некая хитрость, поскольку отрицательное напряжение на сетке получается из-за положительного напряжения на катоде. Бред?:) Вовсе нет. Как уже писалось раньше, напряжение смещения отсчитывается не от земли(минуса), а относительно катода лампы. Если на катоде относительно земли +15В, то мы можем за точку отсчета взять не землю, а катод, тогда: на катоде относительно его же 0В, а земля относительно катода будет -15В. И если мы через резистор подсоединим сетку к земле, то относительно земли(минуса) будет 0В, а вот относительно катода те же -15В. Для того, чтоб поднять катод относительно земли ставят между катодом и землей резистор некоторого сопротивления. При протекании через этот резистор анодного тока (а также намного меньшего тока вторых сеток) происходит падение напряжения на этом резисторе. Вот так и выходит, что относительно земли катод имеет некоторое положительное напряжение, а земля и сетка относительно катода – отрицательное. И здесь вся «соль» в том, чтобы правильно подобрать сопротивление этого катодного резистора.

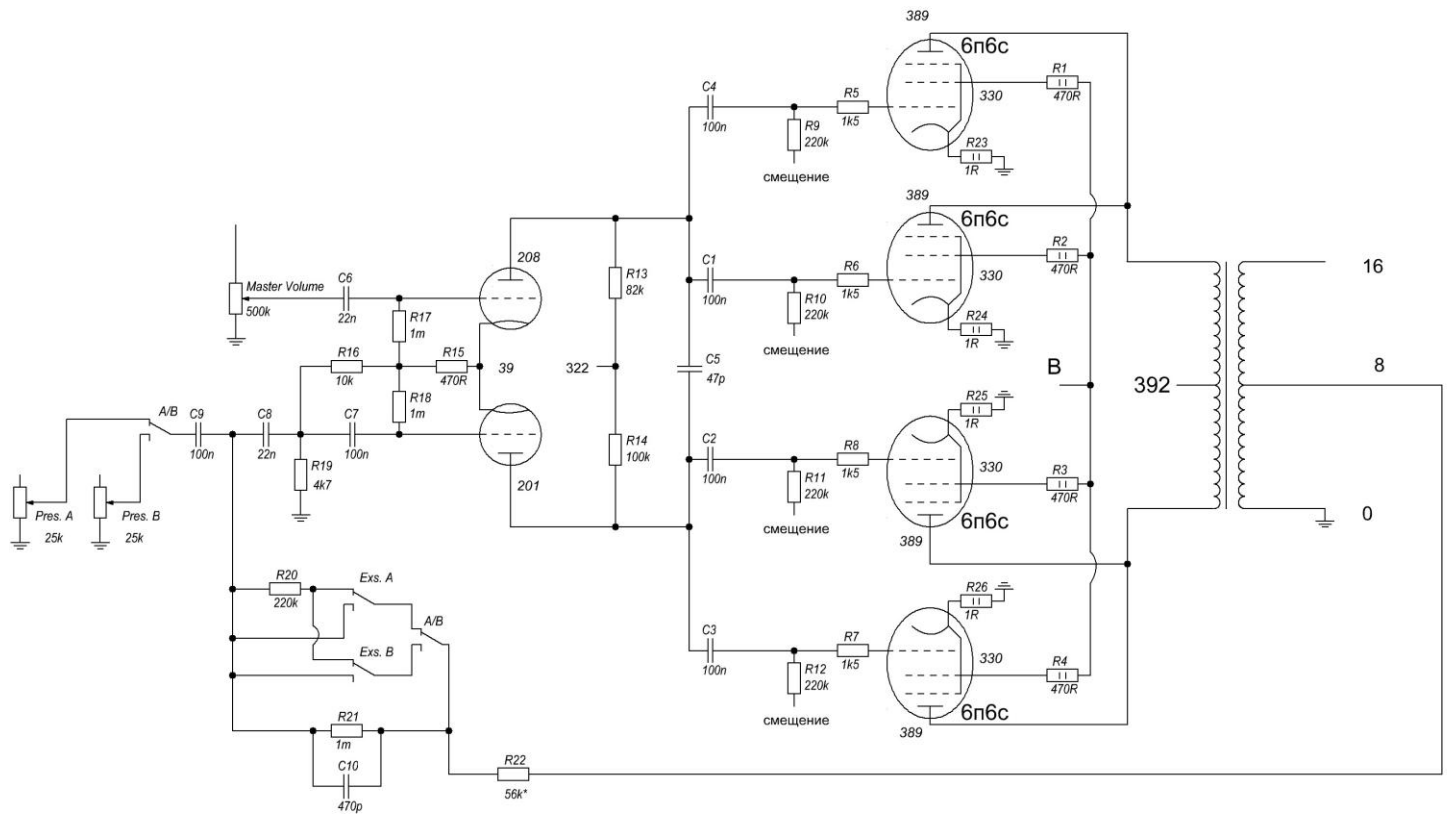
Отвлечёмся и вспомним закон Ома. Зная ток и напряжение нужно найти сопротивление. Всё элементарно! Напряжение мы знаем, это требуемое напряжение смещения -30В к примеру (смотрим на точку О на графике для класса АВ) (рассчитаем для класса АВ по одной лампе в плече), анодный ток покоя можем прикинуть их тех же ВАХов (примерно 12мА) тогда получим $30/0,012=2500$ Ом, этот резистор даст нужное напряжение на лампе, то есть на каждую из ламп нужно поставить но одном такому резистору между катодом и землёй. Но можно обойтись и одним резистором если катоды выходных ламп соединить. Тогда суммарный ток через него будет $12\text{мА} * 2 = 24\text{мА}$ (ток с двух ламп) его значение $30/0,024=1250$ Ом, округляем до ближайшего стандартного 1,2 КОм. Резистор будет влиять на режим по постоянному току (режим покоя), а для того, чтоб по переменному току (сигнал изменяется по амплитуде, а значит и ток тоже) из усилителя «выжать» больше, параллельно катодному резистору ставят конденсатор, который имеет свойство зависимости сопротивления от частоты и емкости – чем больше частота, тем меньше сопротивление конденсатора переменному току, аналогично с емкостью – чем она больше, тем сопротивление конденсатора меньше. Так вот установка конденсатора опускает точку покоя для переменного тока сигнала все ближе к точке D, а значит и возрастает мощность отдаваемая по переменному току каскадом. Но установка конденсатора имеет и свой недостаток – ток анода начинает менее динамично меняться и это отражается на звуке.

При фиксированном смещении, в отличии от автоматического, не «поднимается» катод относительно земли, а на саму сетку подаётся отрицательное напряжение. Для этого строится отдельная цепь с простым однополупериодным выпрямителем. Для удобства дополним эту цепь возможностью регулировки значения этого напряжения и получим то что можно увидеть почти во всех современных усилителях. Не обязательно делать отдельную обмотку на силовом трансформаторе для этого, можно сделать питание и от обмотки, идущей на анодное питание. Главное правильно рассчитать резисторы делителя.

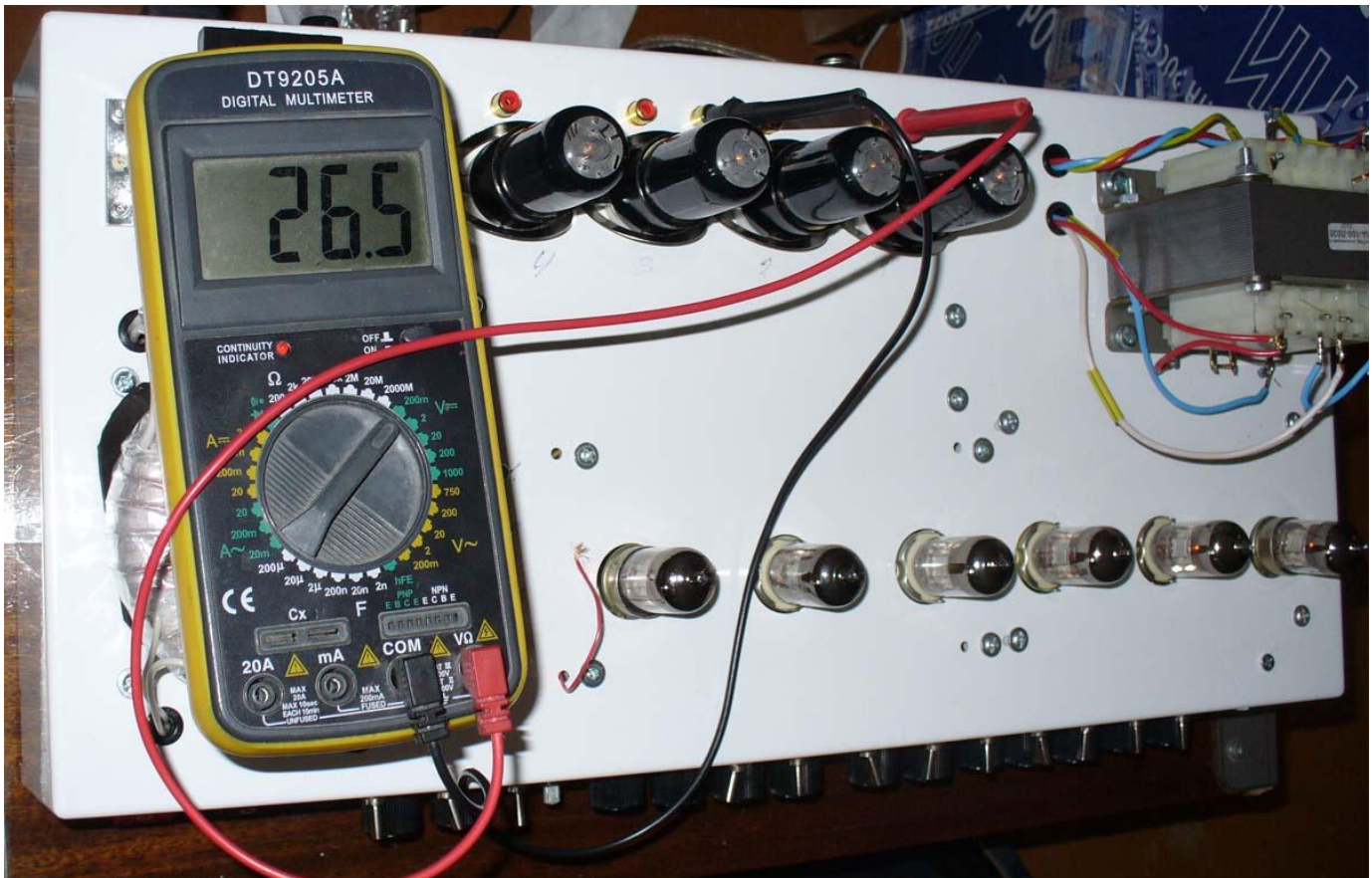
<http://www.guitar-gear.ru>



Так как главным показателем для нас будет являться ток текущий через лампу, то нужно его как-то померить. Для этого катоды выходных ламп соединяются с землёй через резистор 1 Ом (0,25Вт даже достаточно) и измеряя падение напряжения на нём мы получаем по закону Ома ток текущий через лампу, но сразу отмечу, что в этом значении будет сумма анодного тока и тока вторых сеток.



Можно сделать отдельные выводы на шасси для удобства измерения этого тока



Зная этот ток и измерив, напряжение на аноде лампы можно рассчитать максимально рассеиваемую анодом мощность, для этого ток умножаем на напряжение на пример $0,0265 \cdot 390 = 10,33$ Вт (максимальное для 6п6с 13,2Вт, его можно посмотреть из справочников). Напомним что это суммарное напряжение анодного тока и тока вторых сеток, при расчёте током вторых сеток просто пренебрегли.

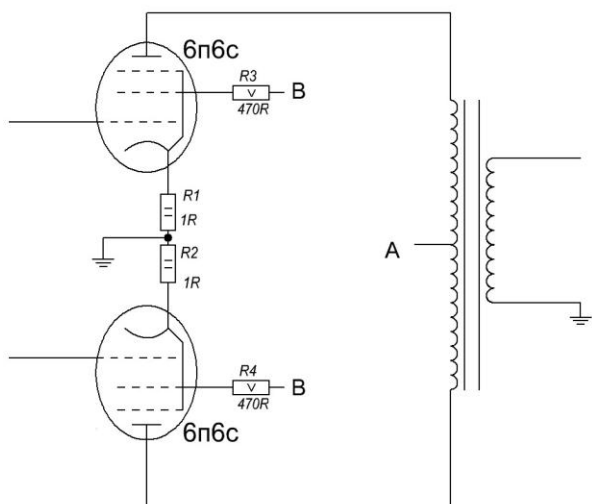
P.S.

Перед первым включением усилителя запомните: смещение сначала выставляют НА МАКСИМУМ, который позволяет регулятор. чтобы лампы оказались под закрыты, а то таким образом можно сжечь не только лампы, которые может быть и так жалко, но и выходной трансформатор.

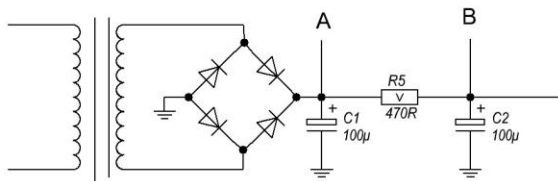
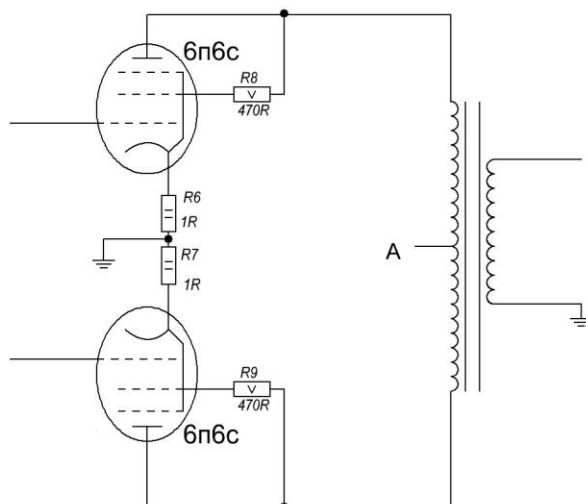
4. Вторые сетки выходных ламп. Триодный и пентодный режимы работы.

Вторая или экранная сетка получила своё название от того, что она защищает или «экранирует» управляющую сетку и катод от влияния анода. В триоде, единственное что притягивает электроны к аноду это его собственное электрическое поле. В пентоде экранная сетка может привлечь электроны к себе, в зависимости от силы электрического поля. Не будем уходить далеко в теорию и сразу к практике! Если вторая сетка не связана напрямую (или через резистор) с анодом, то это пентодный режим работы, то есть у сеток есть свой сеточный ток. Если же вторые сетки связать с анодом напрямую или через резистор, то получим триодный режим работы, то есть вторая сетка и анод станут как бы одним целым электродом. Многие усилители имеют возможность переключения между пентодным и триодным режимом работы. Разница между этими режимами, это прежде всего максимальная выходная мощность. А также различные гармонические искажения присущие каждому конкретному из режимов работы.

Пентодный режим



Триодный режим



Вторая сетка так же как и анод имеет свою максимально допустимую мощность рассеивания и максимально допустимое напряжение. В большинстве гитарных усилителей напряжением пренебрегают, то есть при паспортном максимуме (6v6eh) 350В подаётся 400 и даже больше. В этом случае выставляется максимальный ток текущий через лампу таким, чтоб мощность рассеиваемая экранной сеткой не превышала максимальное значение, а лучше 70% от него.

Давайте дальше будем рассматривать только режим пентода, как самый популярный и обладающий большим кпд. И так в цепи экранной сетки есть резистор, это как правило 470 Ом или 1К, хотя можно встретить и другие значения. Не будем уходить далеко в теорию скажем только, что его значение влияет на сеточную компрессию (а также слегка меняет местоположение и форму кривых смещения). Этот резистор формирует ток второй сетки, то есть измерив падение напряжения на нём и зная его сопротивление, можно этот ток вычислить, напомним сразу что он входит в сумму того тока который мерили на резисторе 1 Ом в катоде лампы.

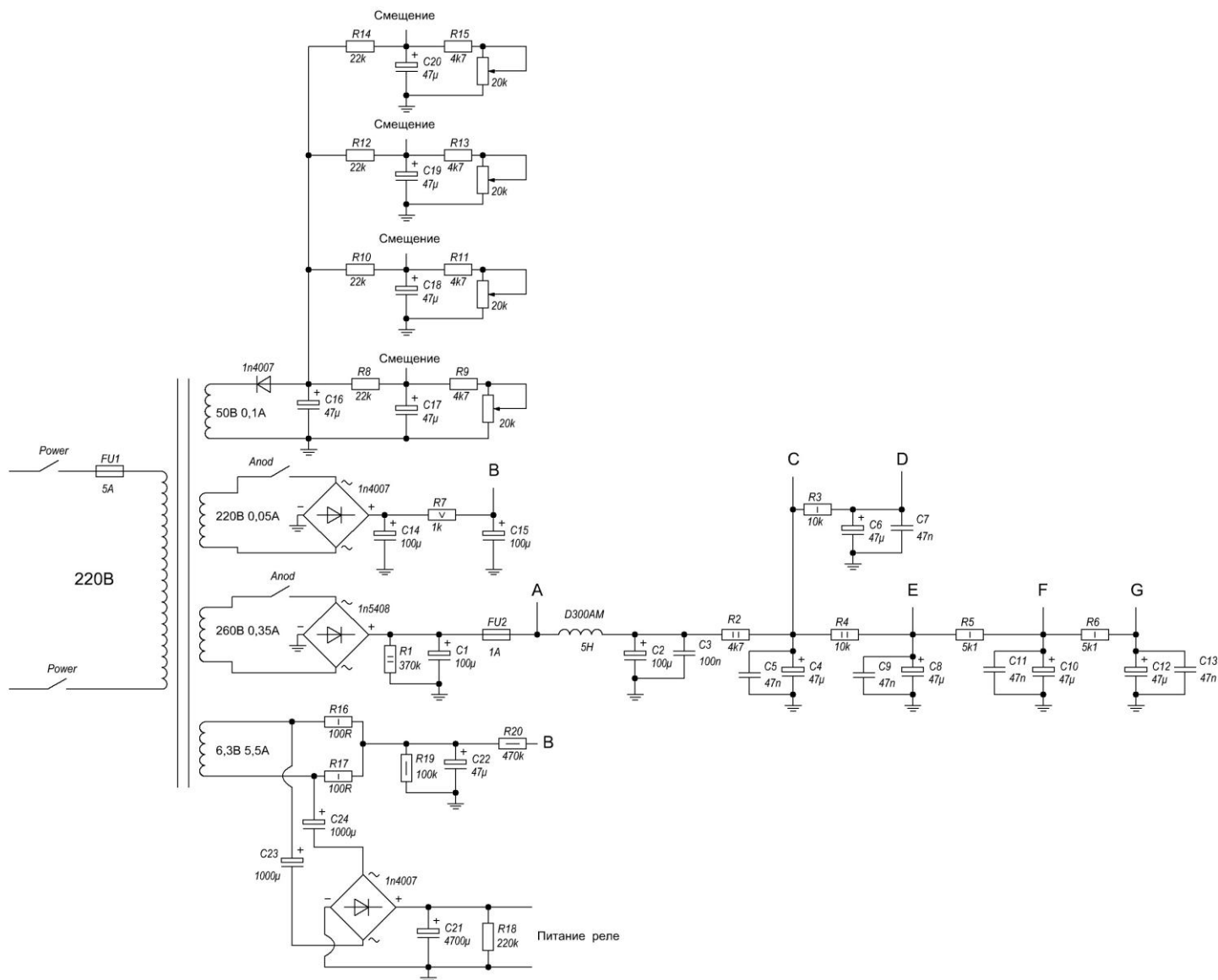
Большинство из начинающих паяльщиков используют лампы советского производства (6пбс, 6п3с) и ставят их в схемы рассчитанные на другие лампы (6V6; 6L6) забывая максимально допустимых значениях напряжения и рассеиваемой мощности для «наших» ламп. К примеру 6п3с и пусть в аноде усилителя 430В, на вторых сетка будет чуть меньше (если схему питания сразу не переделывать а использовать как есть) при максимально допустимых напряжения для 6п3с

На аноде – 400в

На вторых сетках – 300В

То есть напряжение на экранной сетке превышено более чем на 100В, это составит где то на 40% выше, чем максимальное по паспортным данным!!!!!!

Это чревато тем, что лампы будут служить не долго, но так же это может отразиться и на самом звуке усилителя мощности. Во избежание этого лучше сделать отдельное питание для вторых сеток выходных ламп, получив там нужное (паспортное) напряжение. Вот на пример схема питания усилителя на 4-х 6пбс



Ток потребляемый вторыми сетками невелик и если нет отдельной обмотки, то можно использовать второй трансформатор небольших габаритов.

Конечно, сразу возникнет вопрос, а почему нельзя получить это напряжение из анодного питания, поставив большое сопротивление или делитель? Делитель будет очень дорогим удовольствием, поскольку токи через вторые сетки меняются сильно, а значит и мощность резисторов в делителе должна быть большой. Установка большого сопротивления «затупит» работу лампы из-за того, что токи во вторых сетках не смогут сильно изменяться, а значит будут изменяться режимы работы лампы и отдаваемая ей мощность.

5. Выходной трансформатор

Выходной трансформатор (выходник) – это один из важных элементов формирования звука. Поэтому хорошие выходные трансформаторы стоят приличных денег.

Поскольку оконечники бывают 2-х типов – однотакты и двухтакты, то и трансформаторы для них тоже разные по конструкции. Однотактный трансформатор имеет одну первичную обмотку и вторичную (может быть с отводами для подключения разных сопротивлений нагрузки – разных динамиков/кабинетов), а также немагнитный зазор – сердечник собран так, что пластины между собой не имеют контакта (делается это с помощью так называемого технологического зазора или установкой между частями сердечника прокладки из бумаги). Первичная обмотка трансформатора для двухтактного усилителя состоит из двух одинаковых частей, которые соединяются в одной точке (средняя точка, на нее подается напряжение от блока питания), 2 свободных конца первичной обмотки соединяются с анодами выходных ламп. Вторичная обмотка двухтактного усилителя тоже может содержать отводы под разные сопротивления нагрузки.

Кроме того, выходной трансформатор характеризуется еще и так называемым приведенным сопротивлением – это сопротивление по переменному току, которое действует на выходные лампы и причиной его возникновения есть нагрузка на вторичную обмотку.

Поскольку выходные лампы могут давать разный анодный ток (а значит и выходную мощность), то трансформатор должен обладать неким запасом мощности (будет определяться площадью сечения сердечника и площадью окна) и провод, которым намотаны первичная и вторичная обмотка, должен тоже быть взят из запаса относительно «рабочего» тока лампы. Кроме того, каждый трансформатор намотан с определенным коэффициентом трансформации, а значит будет давать определенное приведенное сопротивление, которое указывается для каждой лампы с указанием нагрузки на вторичной обмотке.

Некоторые выходные трансформаторы намотаны так, что подходят для использования с разными лампами (например, трансформаторы для двухтактных усилителей 2х6п14п подходят и для усилителей 2х6п6с).

Многие трансформаторы мотают вручную и рассчитывают их параметры с помощью программ, еще очень часто в качестве выходных используются трансформаторы, которые были предназначены для совсем других целей (используются ТАНЫ, народный ТС-180, ТС-250, некоторые ТВК для однотактов).

Напомним также что включать усилитель без нагрузки на вторичную обмотку выходного трансформатора (без динамика) нельзя, потому что таким образом (особенно при подаче сигнала на сетки ламп) будет спровоцирован выход ламп из выставленного ранее режима, резко возрастет ток текущий через выходной трансформатор (выше максимально возможного значения). Помимо этого возможен скачок напряжения (киловольты) через его обмотку. При таких условиях (без применения определенной защиты) выход из строя выходного трансформатора почти обеспечен. В лучшем случае сгорят выходные лампы, либо сгорит анодный предохранитель.

6. Глобальная ООС

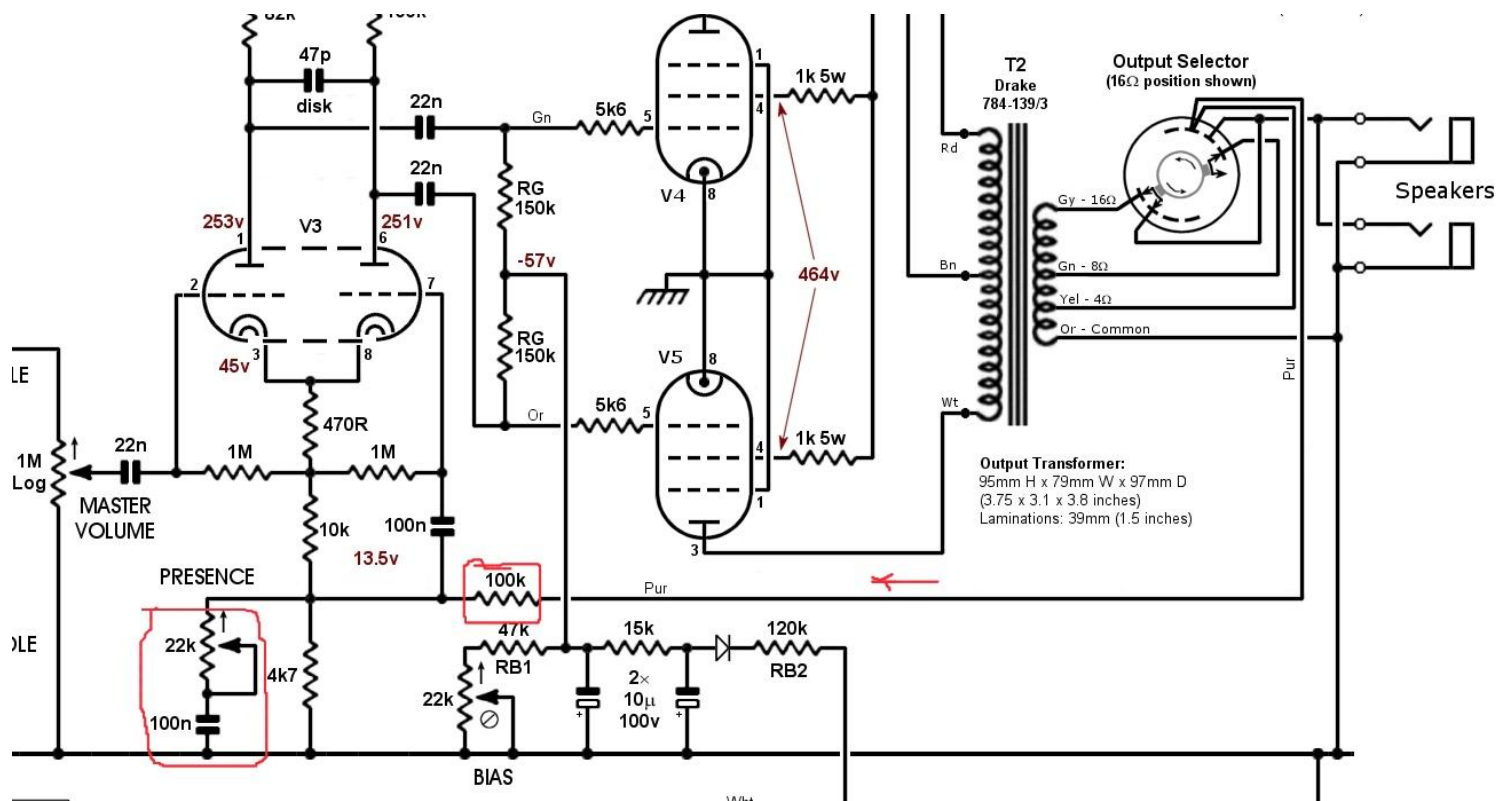
В усилении сигналов (не только гитарном, а и аудио, и вообще усилении любых сигналов) есть такое понятие как обратная связь (ОС), которая подразумевает влияние сигнала усиленного лампой (или другим элементом), на поступающий для усиления сигнал (выход влияет на вход). Каждый сигнал имеет фазу (нас будет интересовать положительное или отрицательное значение сигнала в какой-то конкретный момент) и большинство усиливающих элементов (есть некоторые исключения) поворачивают фазу сигнала, то есть на вход поступает положительное значение сигнала, а на выходе получается усиленное, но уже отрицательное значение. А если сигнал еще раз

усилится следующей лампой (элементом, но еще раз – зависит от схмотехники каскада), то значение еще раз возрастет и снова поменяется по фазе, то есть пройдя эту цепочку мы получим сигнал который больше по значению от первоначального, но имеет одинаковую с ним фазу.

К чему все это? ☺ Мы можем брать некую часть сигнала с выхода и подавать его на вход. Зачем? ☺ Есть некий смысл. Если мы возьмем часть сигнала из выхода (например 1В), который имеет одинаковую фазу из входным (пусть будет 4В), и снова подадим его на вход, то сигналы на входе суммируются ($1В+4В=5В$) и в результате будет усиливаться уже больший сигнал на входе и на выходе тоже получим больше. Такой способ организацию обратной связи называется положительной обратной связью (ПОС), он широко используется в генераторах (но здесь для подачи из выхода на вход выделяется некоторая частота и ПОС работает только на этой частоте), а иногда есть головной болью паяльщика – когда возникают свисты, возбуждения (возбуды), то это тоже ПОС и возникла она от близкого расположения деталей. А можно подать на вход и часть сигнала противоположного по фазе из выхода, тогда сигналы должны вычитаться ($4В - 1В = 3В$) – этот способ называется отрицательной обратной связью (ООС). А смысл? ☺ Есть смысл: есть нежелательная часть сигнала (искажения, например) и нам эту часть надо ослабить. Мы подаем с выхода часть сигнала противофазного из выхода и в результате на входе ослабляется та нежелательная часть еще и до усиления (в принципе, ослабляется весь входной сигнал, но ничто не мешает нам сделать ООС только для нежелательной части этого сигнала – выделить ее с помощью фильтров).

Во многих гитарных усилителях используется ООС, а иногда и с выделением частоты для подачи ее на вход для ослабления.

Посмотрим на ООС в усилителе Marshall 2204. Сигнал из выходного трансформатора поступает на резистор 100К (он определяет глубину ООС, то есть часть сигнала, которая должна ослабляться, если сопротивление это уменьшать, то сигнал будет больше ослабляться, при изменении типа выходных лам его нужно рассчитывать заново, то есть меняя EL34 в схеме на 6П3с, нужно (если по-хорошему) изменять и значение этого резистора). Для выделения неких частот для ослабления служит регулятор Presence.



Иногда ООС становится проблемой в усилителе – вместо ООС получаем ПОС и возбуды. Для того, чтобы найти виноватого в этом отключите подачу сигнала от выходного трансформатора до резистора ООС. Если возбуды пропали, то в двухтактном усилителе поменяйте местами выводы выходного трансформатора, что идут к анодам выходных ламп, а в одноктактном усилителе поменяйте местами на выходном трансформаторе питание и анод лампы.

7.0 питания

В этом разделе затронем только некоторые моменты анодного питания и накала.

Опять же по-простому. Чаще всего делается два выключателя питания это основной который включает первичку силового трансформатора (полностью отключает трансформатор от сети) и второй переключатель который включает/выключает анодное питание. Зачем так сделано. Затем чтоб прогреть катоды выходных ламп, так как они работают с высоким напряжением и если сразу его подать, то электроны с большой силой будут вырываться из катода (откуда они самостоятельно вылетают под действием сильного нагревания), что негативно скажется на сроке службы лампы. Иногда для выпрямление анодного напряжения используют вакуумный диод – кенотрон. Не стану рассуждать на тему, что лучше кенотрон или полупроводниковые диоды, отмечу только, что кенотрон из-за того, что для нормальной работы сам прогревается и до полного своего прогрева не подает анодное напряжение на остальные лампы, не требует делать второй переключатель для анодного питания и можно обойтись одним общим. Также можно увидеть в большинстве схем дроссель в цепи анодного питания, а где-то вместо него применяют мощный резистор, но с маленьким сопротивлением (от 100 Ом до 1КОм). И то, и то даст хорошую фильтрацию, я не заметил сильной разницы в звуке, разве что с дросселем компрессии поменьше (ввиду его меньшего, по сравнению с резистором, сопротивлением), тем он мне и понравился. (прим. Pokfor) (На самом деле дроссель эффективнее фильтрует анодное напряжение, особенно от более высокочастотных наводок (прим. Vitalka)).

И конечно, всем известно, что чем длиннее цепочка фильтрации, тем она лучше, а так как наибольшей чувствительностью обладают лампы преампа и, если конкретнее, первая лампа на входе, то цепи питания строятся от выходных ламп к входной. И накальные провода монтируются по такому же принципу.

Накал чаще всего можно видеть переменным и я, по своему опыту скажу, что при грамотном подходе вы не услышите помех от накала в звуке, то есть выпрямлять его совсем необязательно (прим. Pokfor). Достаточно сделать среднюю точку и соединить её с землей или же «поднять», подробнее об этом можно почитать в соответствующей статье на нашем сайте <http://www.guitar-gear.ru/index.php?p=jurn&id=19>. Хотя, если сомневаетесь или усилитель настолько чувствителен к наводкам, то можно накал **преампа** выпрямить, но при этом очень желательно соединить минус накала с землей. В особо ответственных случаях накал не просто выпрямляют, а еще и стабилизируют, но в этом есть одно узкое место – накальная обмотка должна выдавать не стандартные 6,3В, а больше – порядка 7-8В под нагрузкой.

Желаем всем удачных построек своих усилителей!

Авторы статьи: Vitalka и Pokfor