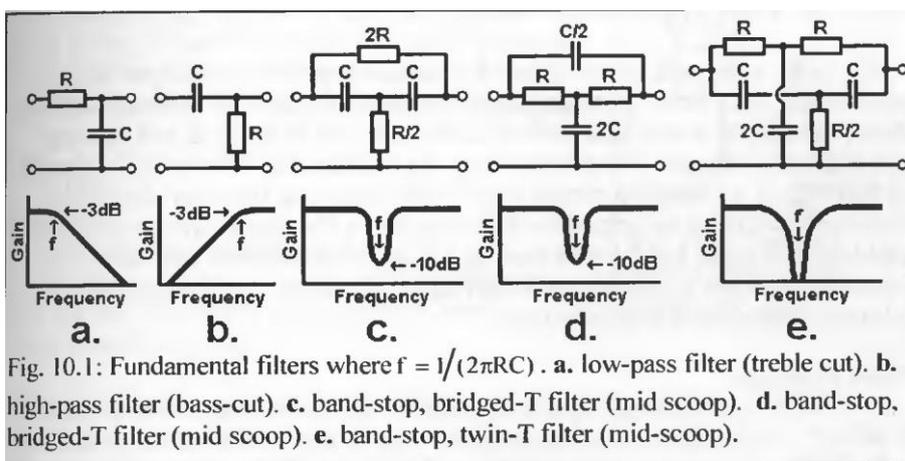


## Глава 10 Регуляторы тембра

Хотя большая часть формирования звука предъусилителя уже построена путём частичного обхода катода или анода, а также за счёт межкаскадной связи отд., почти все усилители имеют отдельный узел темброблока для возможности пользовательской регулировки. Некоторые регуляторы тона уже были описаны в предыдущих главах (см. рис 1,20 3,27 8,18 8,19) и могут рассматриваться как интегрально определённые на каждом этапе усиления. В этой главе мы будем исследовать регулятор тембра сам по себе, а не как «строительный блок» предъусилителя.

Конечно, существует огромное количество схем темброблоков. Тем не менее, именно для гитарных целей существует лишь горстка хорошо зарекомендовавших себя схем, которые подходят для большинства конструкций и они могут быть расширены (или упрощены) чтобы удовлетворить новые проекты усилителей.



Основные RC фильтры, используемые для построения темброблока показаны на рис. 10,1 и уже давно знакомы из страниц этой книги. Практически все пассивные регуляторы тембра, используемые в гитарных усилителях просто вариации и комбинации этих фильтров, а большинство из них просто версии с межкаскадных связей с возможностью их регулировки из главы 2.

Катушки индуктивности (дрессели) очень редко используются в регуляторах тона, ибо требуются очень большие значения индуктивности для регулировки на низких частотах, которые, как правило, дороги и очень громоздки. Большие катушки и индуктивности также чрезвычайно чувствительны к собиранию помех и неизбежно приводят к нежелательному шуму усилителя. По этим причинам применяют только резистивно-конденсаторные регуляторы тембра.

Полный математический расчёт фильтров схемы может занять целую отдельную книгу и выходит за рамки этого раздела. Вместо этого приводятся основные формулы и схемы, которые использую программное обеспечение легко моделируются при необходимости.

### ***O* сопротивлению:**

Цепи регулятора тона, как правило, имеют очень низкое входное сопротивление, так что если они подключены к источнику с высоким выходным сопротивлением, то произойдёт ослабление сигнала известного как вносимые потери. Это не принесёт заметного изменения для чистого звука или со слабым перегрузом, но для Hi-Gain схем, как правило, желательно включать темброблок в выход низкого сопротивления, для этого применяют катодный повторитель, что мы можем видеть во многих усилителях. Однако большинство приведённых тут схем темброблоков (если не указано иное) были рассчитаны на относительно высокое входное сопротивление, так что могут быть подключены к типичным каскадам усиления ECC83/12AX7 ( $Z_{out} < 40K$ ) почти без потерь, почти как при подключении к катодному повторителю. Это позволяет проявлять максимальную гибкость при разработке новых схем, так как мы не вынуждены сразу применять катодный повторитель

перед темброблоком. Тем не менее, низкое сопротивление источника, конечно желательно и компромиссным решением будет использовать перед темброблоком ECC82/12AU7 ( $Z_{out}=8K$ ).

Кроме того большинство схем темброблоков имеют высокое выходное сопротивление которое меняется при вращении движков потенциометров. Следовательно, мы не должны сильно нагружать темброблок или будут понесены дальнейшие потери в звуке, а диапазон и частотные характеристики органов управления могут быть потеряны. Большинство схем темброблоков следуют за 1M сопротивлением уровня Gain или резистора утечки сетки или они могут быть подключены не посредственно к сетке следующей лампы, если схема темброблока позволяет реализовать утечку сетки. Для наименьшего количества загрузки желательно разместить темброблок непосредственно перед участком с высоким входным сопротивлением, таким как катодный повторитель, **cathodyne or long-tailed pair**.

### **О конструкции:**

Для гитарного звука в качестве ориентира «высокой частоты» можно взять около 1кГц и выше, «низких частот» 200 Гц и ниже. Средние частоты лежат между 200Гц и 1кГц и от 600Гц до 800Гц является как бы «центром» частотного проектирования темброблока гитарного усилителя. Отметим что это несколько меньше чем стандартный для HiFi аппаратуры тон. Для бас гитары эти цифры ниже примерно в два раза.

Строго говоря «присутствие» (Presence) относится к диапазону верхней середины частоты это от 600Гц до 2кГц, в районе, где человеческое ухо весьма чувствительно (это одинаково как для гитар, так и для бас гитар). Тем не менее, управление «Presence» во многих гитарных усилителях действует на всех частотах выше 600Гц и на самом деле просто расширяет возможности регулировки высоких частот.

Для справки, диаграммы, показывающей частоты нот на грифе приведены в самом конце этой главы.

### **Темброблок с одной ручкой:**

Маленькие усилители часто имеют только одну ручку регулировки тона, которая обычно управляет высокими частотами. То обычно делается, чтобы компенсировать излишнюю яркость звучания маленького динамика применяемого в таких усилителях. Одна ручка тона также полезна, когда желательно распределять частоты, формирующиеся во всём предусилителе, таким образом, что бы была возможность регулировки основной части тона, а не всех сразу. Это особенно хорошо работает в схемах с высоким коэффициентом усиления. Вообще желательно иметь регулировку баса в начале предварительного усилителя, что бы, таким образом, последующие этапы усиления не были перегружены большим количеством низкой частоты, что может привести к грязным или блокировочным искажениям. ВЧ контроль хорошо размещать в конце предусилителя, так что бы все гармоники, производимые на ранних стадиях перегрузки могут быть по вкусу настроены в конце, что бы избежать резкого, пронзительного звука. Управление Альтами или средними частотами можно разместить практически в любом месте предусилителя.

### **Высокие частоты (Treble):**

Самый простой регулятор тона высоких частот показан на рис 10,1а и это простой ФНЧ, применяемый в качестве ручки тона на гитаре. На рис.10,2 видно, что просто шунтирующий конденсатор последовательно с переменным резистором, позволяющий сократить высокие частоты. Позволяющий регулировать от незначительного до полного стада -3дБ.

$$f = \frac{1}{2\pi CR}$$

Где

C – Ёмкость конденсатора фильтра

R – номинальное сопротивление потенциометра.

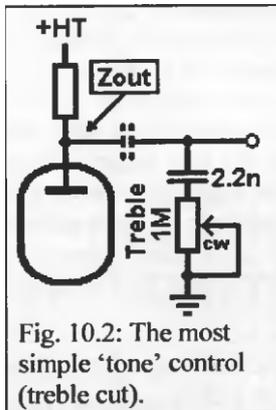


Fig. 10.2: The most simple 'tone' control (treble cut).

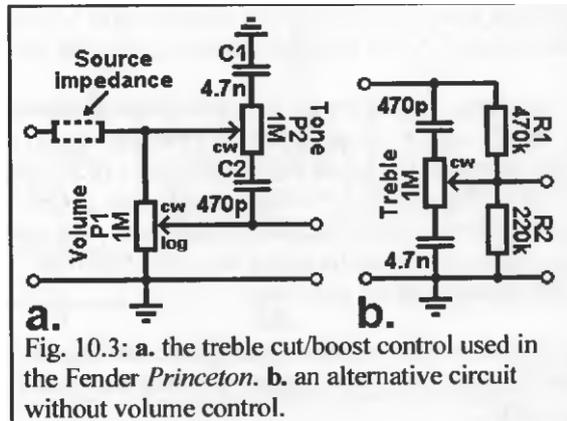


Fig. 10.3: a. the treble cut/boost control used in the Fender *Princeton*. b. an alternative circuit without volume control.

В этом примере управление производится после разделительного конденсатора (показан пунктиром), так что шунтирующий конденсатор должен быть рассчитан на максимальный сигнал переменного тока, который редко превышает 250В. На самом деле это просто переменная версия анодного шунтирующего конденсатора описанного в главе 2 Рис. 2,23.

Предыдущая примитивная регулировка может быть несколько улучшена если совместить её с другими элементами, такими как управление усилением или обходом катода. Например на рис.10,3 показан темброблок применявшийся в усилителе Fender Princeton и некоторых усилителях Gibson GA и многих других.

Должно быть очевидно что при вращении P2 до упора по часовой стрелки конденсатор C2 добавляет «яркости» как эффект «Bright» описанный в главе 2 (см. рис. 2,14) и даёт эффект усиления верхних частот (если регулятор громкости выкручен полностью). C1 это просто конденсатор шунтирующий верхние частоты, таким образом P2 даёт регулировку частот, хотя эти регулеровки очень зависимы от роложения ручки громкости. Это взаимодействие между параметрами управления громкостью и тона распространены в для большинства цепей регулировки тембра в гитарных усилителях. Несмотря на кажущуюся простоту этот регулятор даёт очень полезный частотый диапазон регулировок. Усиления +3дБ из-за C2, когда громкость на 50%, рассматриволось в главе2.

$$f = \frac{2.74}{2\pi C2 P1}$$

Спад частоты на -3 Дб вызван конденсатором C1 при выкручивании ручки громкости до упора.

$$f = \frac{1}{2\pi C1 R}$$

Где R - сопротивление источника сигнала

На рис. 10,4 показана частотная характеристика схемы в предположении что сопротивление источника сигнала около 40К, которое является типичным для каскадов на ECC83/12AX7. Обратите внимание что будет необходим дополнительный разделительный конденсатор перед схемой темброблока показанной на рисунке, для ограждения потенциометров от постоянного тока.

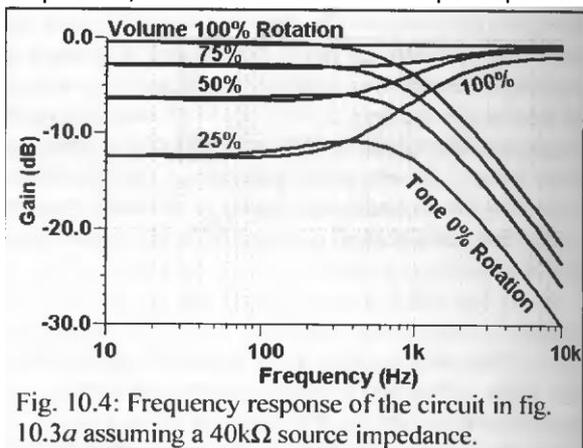


Fig. 10.4: Frequency response of the circuit in fig. 10.3a assuming a 40kΩ source impedance.

При необходимости регулятор громкости может быть заменён постоянными резисторами R1 и R2 как на рис. 10,3b, значения которых должны быть достаточно большими чтобы это не сказалось на работе следующего каскада. Что может ослабить сигнал на  $R2/(R1+R2)$ , или 0,3 в нашем случае (-10дБ). Очевидно что усиление будет +10дБ при крайнем верхнем положении регулятора Treble. Когда этот регулятор находится по середине регонируются частоты на плоскости (см. график) вто время как все остальные шутнируются на зкмлю конденсатором 4,7нФ.

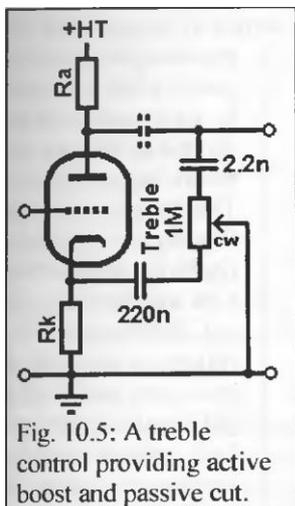


Fig. 10.5: A treble control providing active boost and passive cut.

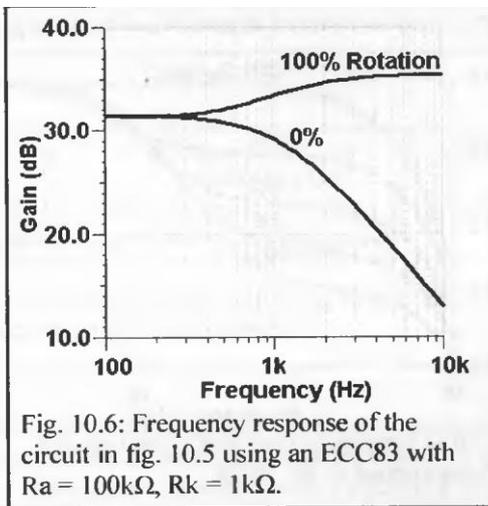


Fig. 10.6: Frequency response of the circuit in fig. 10.5 using an ECC83 with  $R_a = 100k\Omega$ ,  $R_k = 1k\Omega$ .

На рис. 10,5 показан регулятор верхних частот применяемый в Gibson GA30RVT и сочетает ещё и управления частичным обходом катода. Когда потенциометр полностью выкручен конденсатор обхода катода замкнут на землю (катод зашунтирован) это обеспечивает повышение высоких частот, а в другом положении регулятора проходной конденсатор замыкается на землю, что производит спад высоких частот. Таким образом регулятор можно рассматривать как полуактивный. На Рис. 10,6 показаны АХЧ при использовании лампы ECC83 с  $R_a=100K$   $R_c=1K$ .

### Низкие частоты (Bass)

Большинство регуляторов низких частот используют не большие конденсаторы и работают по принципу блокировки низких частот, используя переменные резисторы. Одним из вариантов является переключение между различными конденсаторами, как показано на рис.10,7а. Это характерная черта усилителя Orange Graphic и имеющее множество положений главным образом предлагая выбор выреза баса. Каждая комбинация вырезает по -3дБ в зависимости от сопротивления нагрузки которое чаще всего 1M (регулятор громкости) тогда по формуле X

$$f = \frac{1}{2\pi CR'}$$

Где С – ёмкость конденсатора

R – общее эффективное сопротивление включенное последовательно с конденсатором или  $Z_{out} +$  нагрузка в данном случае.

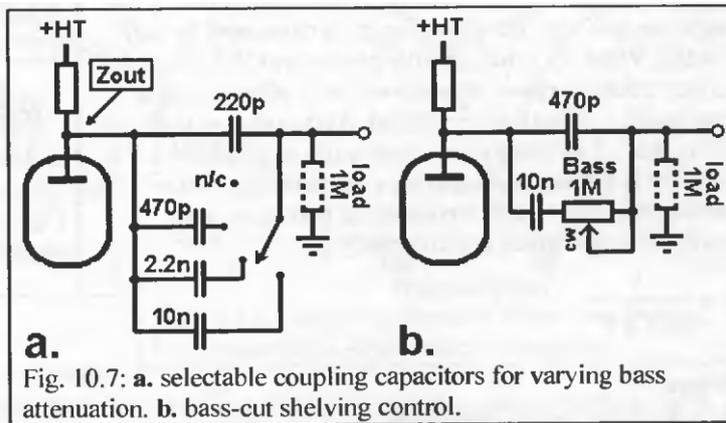


Fig. 10.7: a. selectable coupling capacitors for varying bass attenuation. b. bass-cut shelving control.

В этом случае конденсатор 220p постоянно включен в цепь., в то время как остальные большие значения могут быть включены параллельно с ним. Это позволяет избежать разрыва цепи при переключении что помогает уменьшить щелчки при переключении.

На рис. 10,7b показан регулятор баса, который работает по аналогичному принципу что и на рис. 10,7а.

Конденсатор небольшой ёмкости включён в сигнал постоянно в то время как конденсатор большего значения постепенно вводится параллельно ему, когда регулятор баса будет замкнут без сопротивления. Максимальная регулировка достигается образование делителя образованного потенциометром и следующим за ним сопротивлением нагрузки.

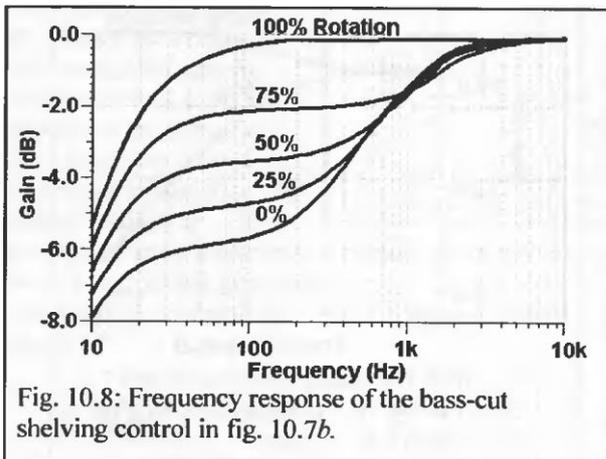


Fig. 10.8: Frequency response of the bass-cut shelving control in fig. 10.7b.

АХЧ этой схемы показано на рис. 10,8 где видно что оба положения потенциометра и сопротивления нагрузки равны (1M), максимальное полезный вырез -6дБ (половина). Сокращение сопротивления нагрузки будет увеличивать доступный вырез частот, но также будет просаживать вниз сигнал идущий на лампу, так что не обходимо найти компромисс между максимально возможной регулировкой тембра и усиления.

Более улучшенное управление басом показано на рис. 10,9 хотя оно требует применение большего числа компонентов. На первый

взгляд видно что конденсатор C1 напоминает конденсатор «Bright» в то время как конденсатор C2 шунтирует высокие частоты. Однако так схеме симметрична относительно потенциометра P1 при среднем его положении (50%) степень увеличения и среза равны, поэтому

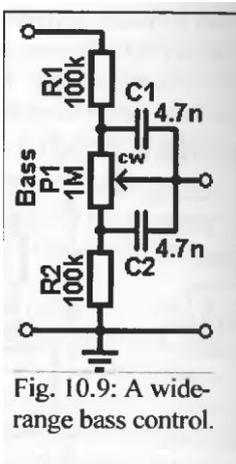


Fig. 10.9: A wide-range bass control.

схема предлагает плоский резонанс, хотя весь сигнал ослаблен в два раза (-6дБ). Когда P1 повернут по часовой стрелки до упора C1 замкнут, так что кажется что высокие частоты ослаблены, другими словами создаётся эффект поднятия низких частот. При противоположном положении C2 замкнут, что более подчёркивает высокие частоты и вырезая низкие.

Предполагаемая симметричная схема даёт +/-3дБ усиление по частоте, что приближенно определяется:

$$f \approx \frac{1}{2\pi C I R'}$$

Где  $R' = R1 +$  сопротивление источника.

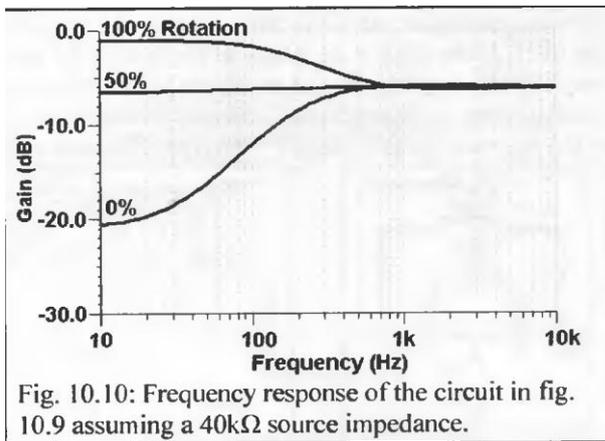
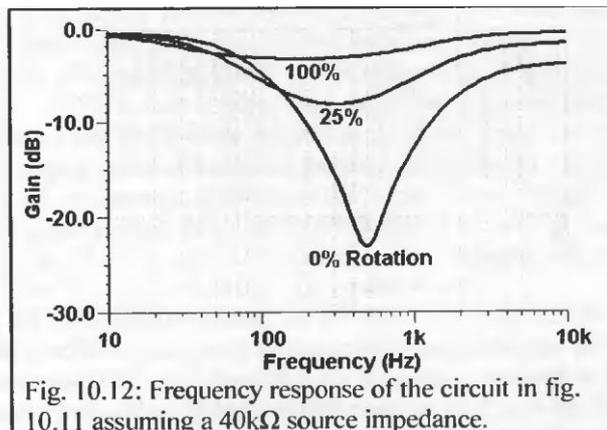
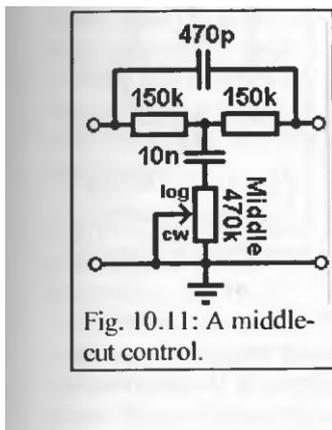


График АХЧ этой схемы показан на рис. 10,10. Вариация этой схемы (в сочетании с Т-мостом контроля середины) была использована в серии усилителей Silvertone, Fender Bantam Bass и Danelectro Twin 15. Опять же, отметим что необходим разделительный конденсатор до схемы для развязки по постоянному напряжению, который может иметь очень большие значения (47нФ - 100нФ например). Это также будет подразумеваться и для следующих осуждаемых схем, если очевидно что постоянное напряжение может присутствовать на потенциометре.

### Средние частоты (Middle)

Фильтры выреза высоких и низких частот легко могут быть реализованы практически в любом месте предъусилителя, но регулятор средних частот или заграждающий фильтр немного более сложен, так как сочетает в себе оба эти типа. В Gibson GA30RVT используется Т-мостовой фильтр (рис 10,1d) с добавлением потенциометра, дающего возможность варьировать настройками. Версия этой схемы показана на рис. 10,11. Используя необычно большой величины шунтирующего конденсатора центральная частота опускается и максимальная возможность регулировки увеличивается, но за счёт частот прилегающих к центральной, то есть добротность фильтра уменьшается.



Частотная характеристика показана на рис. 10,12. Многие усилители Gibson использовали фильтры в виде Т-моста, для фиксированной межкаскадной регулировки для характерного тона.

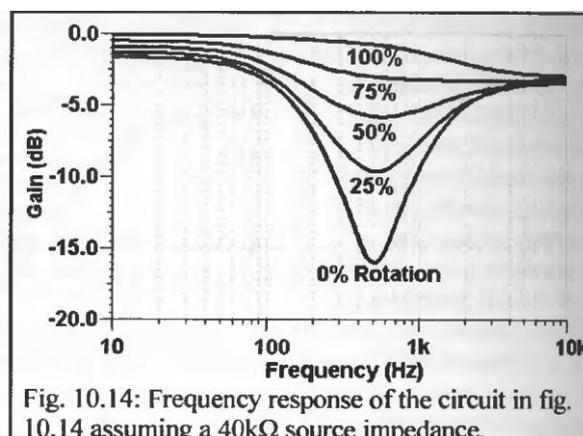
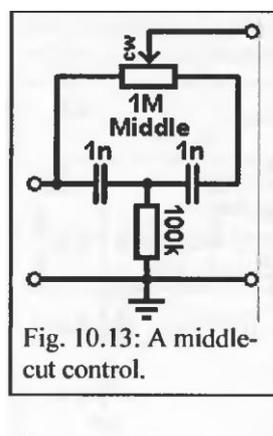


Рисунок 10,13 показывает управление серединой при помощи фильтра Т-мост как на рис. 10,1с Резистор моста заменён на потенциометр, так что на одном полюсе вывод взят из правой части фильтра, как обычно, а с другой стороны со входа фильтра, так что фильтр уже подключен не последовательно к пути движения сигнала. Это даёт очень гладкий диапазон регулировок, как видно на АЧХ рис. 10,14. Меньшее значение шунтирующего резистора увеличивает максимальное количество среза, но опять же за счёт фильтра Q. Этот тип управления часто применялся на усилителях Framus.

### Регулятор наклона (Tilt)

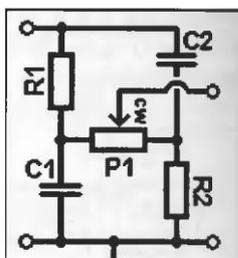


Fig. 10.15: The Big Muff- $\pi$  tilt control.

Объединив все дополнительные фильтры можно производить регулировку относительно центрального положения что даёт одновременное повышение высоких и спад низких частот при вращении в одном направлении и противоположный результат при вращении в противоположном. Таким образом частотная характеристика как бы наклоняется из одной крайности в другую. Поэтому один регулятор наклона может заменить два отдельных регулятора ВЧ и НЧ. На рис. 10,15 показана схема основного управления тоном используемая в Electro-Harmonix Big Muff фузе. Видно что это просто RC (ФВЧ) и CR (ФНЧ) фильтры включенные параллельно, с потенциометром подключённым ко входам между ними, чтобы смешивать их между собой.

По существу тот же порядок применялся в Gretch G6162. P1 как правило большого значения, что бы обеспечить хорошую степень разделения между фильтрами и широкий диапазон регулировок, и 470K или 1M являются предпочтительными. R1 и R2 будут иметь аналогичные значения, что бы избежать падения сигнала на следующем этапе.

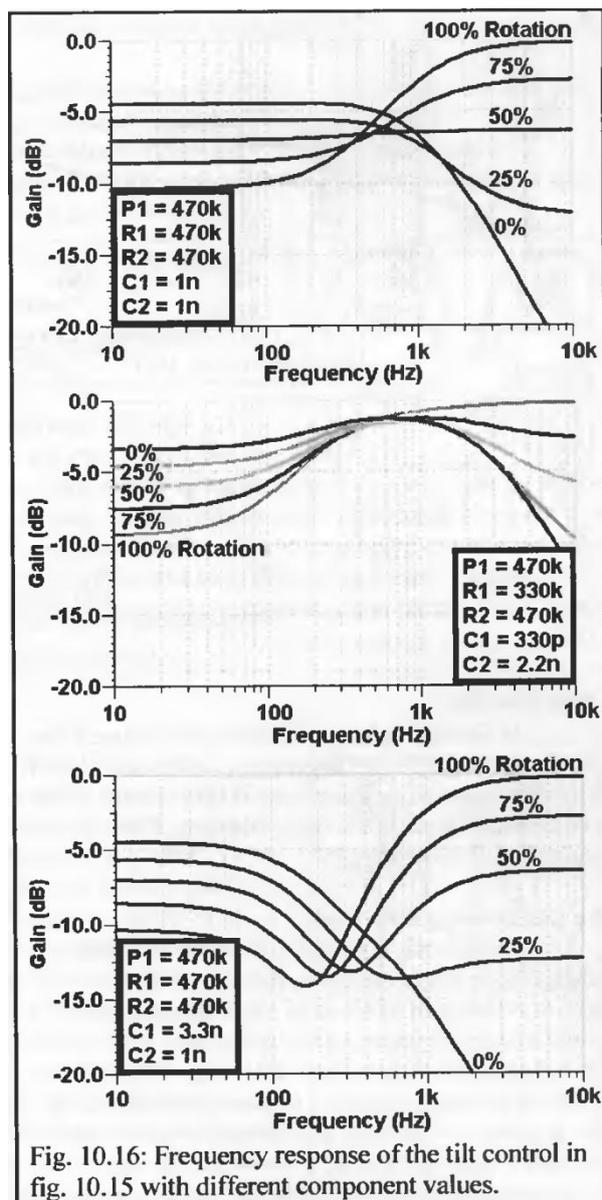


Fig. 10.16: Frequency response of the tilt control in fig. 10.15 with different component values.

При выставлении -3дБ спада обоих частотных фильтров, возможны различные частотные характеристики по середине. Например, если оба фильтра дают -3дБ части ( то есть C1=C2 и R1=R2) тогда будет основной плоский звук, полученный при 50% вращения. Это хорошо подходит для использования в джазе или электроакустике.

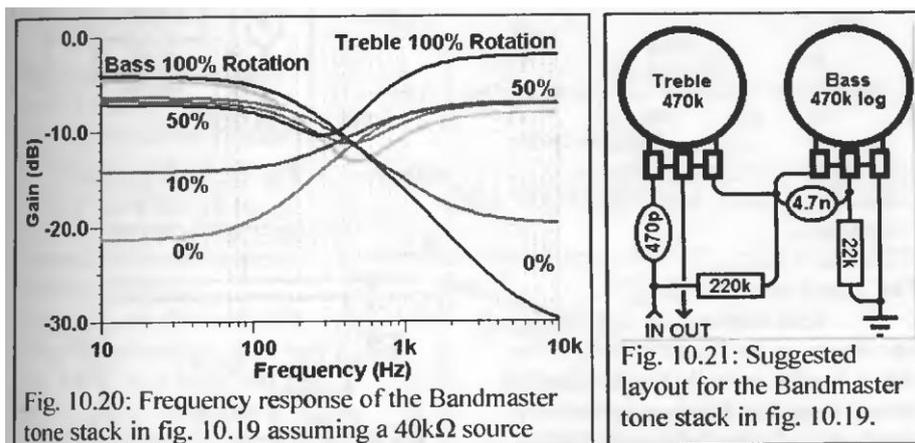
Однако, если низкочастотный фильтр установлен выше -3дБ, чем в другой то мы получим горб по середине АЧХ в промежуточных характеристиках, такие настройки любят блюзмены играющие на хамбакерах.

И на оборот если низкочастотный фильтр установлен ниже -3дБ, относительно второго то в середине получим впадину с промежуточными настройками для более благоприятно для Hi-Gain стилиа игры. Чем дальше полюса друг от друга тем ярче выражен горб либо впадина, хотя диапазон управления от усиления низких до усиления середины снижается. Если оба полюса установить на одну октаву, то горб или впадина будут в центре настроек +/-3дБ и обычно ин не бывают больше чем 10 если не обходимо сохранить широкий диапазон контроля. Частотные характеристики описанного приведены на рис. 10,16



## Bandmaster

Это возможно простейшая схема управления высокими и низкими частотами, требуются только два конденсатора и два резистора в дополнение к потенциометрам. Он впервые появился на усилителе Fender Bandmaster и «коричневом лице» Pro-Amp. Вариации этой схемы появились позже на усилителях Vox и более поздние версии на Selmer Treble'n'Bass 50W. Схема показана на рис. 10,19 можно видеть что потенциометр Treble соединяется с нижней частью потенциометром Bass. Эта схема и ещё схема FMV являются классическими и порождают термин «Tone stack», хотя многие схемы темброблоком не имеют схожести во внешнем виде. Номинальные значения компонентов показанных на рис. 10,19 отличаются от оригинальных и были выбраны для получения наименьших потерь, при сопротивлении источника сигнала от 40К, «средние» потери составляют около -10дБ, о чём свидетельствует график АХЧ на рис. 10,20



Уменьшение значения C1 уменьшает пропускную способность регулятора высоких частот, производя глубокую впадину на середине и стоит по экспериментировать с его номиналом ниже 100пФ. Регулирование высоких частот оказывает влияние на регулировку низких, хотя учитывая простоту этой схемы, ими редко пользуются. Вариант макета показан на рис. 10,21

## Voigh

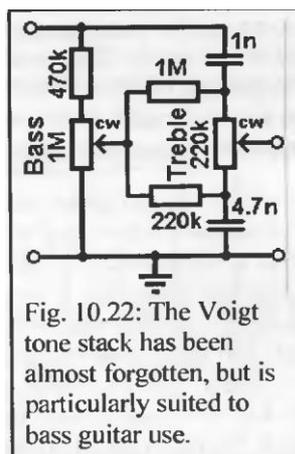
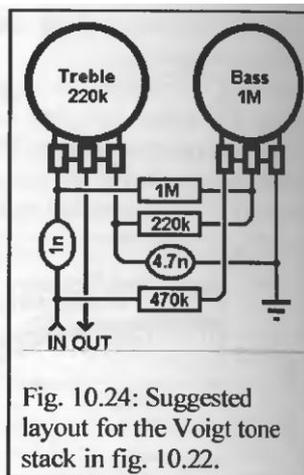
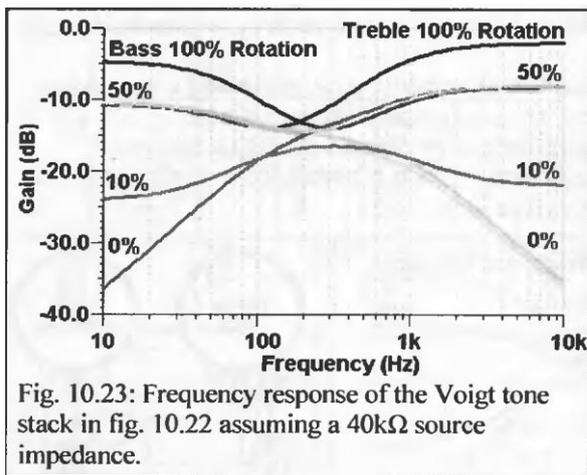


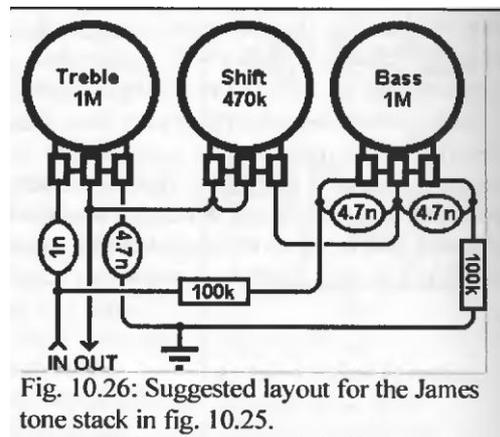
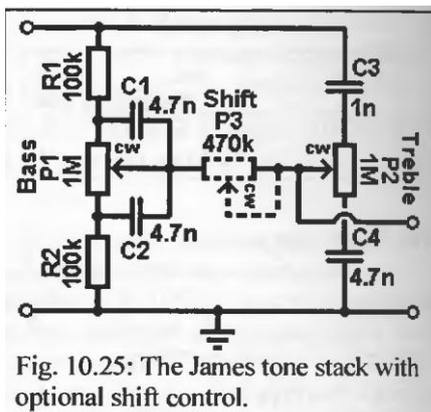
Схема показанная на рис. 10,22 была разработана для Voigh в 1940 году, но потом была почти полностью забыта, возможно потому что не давала плоской регулировки в центре настроек. Тем не менее она очень подходит для музыкальных инструментов, хотя требует больше резисторов чем схема Bandmaster, элементы управления менее «завязаны» друг с другом. В центральных настройках усиление падает на 0,2 (-14дБ), что является сравнительно тяжёлой потерей звука, хотя диапазон регулировок очень большой.



Частотная характеристика указанна на рис. 10,23, видно что регулировки центрально частоты в районе 200Гц и поэтому схема хорошо подходит для использования с чистым басовым усилителем.

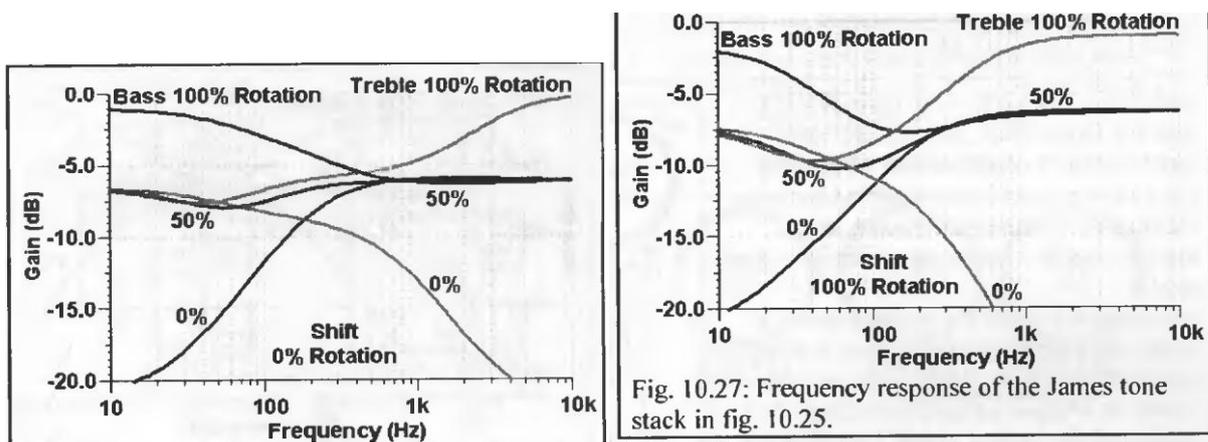
### James

Эта чрезвычайно популярная схема была разработана James в 1949 году. Хотя сама схема на самом деле гораздо старше. Но имя James стало постоянно с ней ассоциироваться. К сожалению многие современные книги неправильно относятся к этой схеме как к «Вахандалл'» темброблоку, что приводит к некоторой путанице, поскольку обозначаемая этим термином схема несколько иная. Схема James показана на рис. 10,25, номиналы компонентов были изменены по сравнению с оригиналами, в соответствии с требованиями к использованию в гитарном усилителе., дабы уменьшить потери присущие схеме около -7дБ. Внимательные читали заметят что действительно сочетание «одного регулятора» высоких и низких уже описанных на рис. 10,3b и 10,9. Разница лишь в том что возможности регулировки баса удваиваются так как потенциал делителя первоначально требующего регулятора Treble на рис. 10,3b

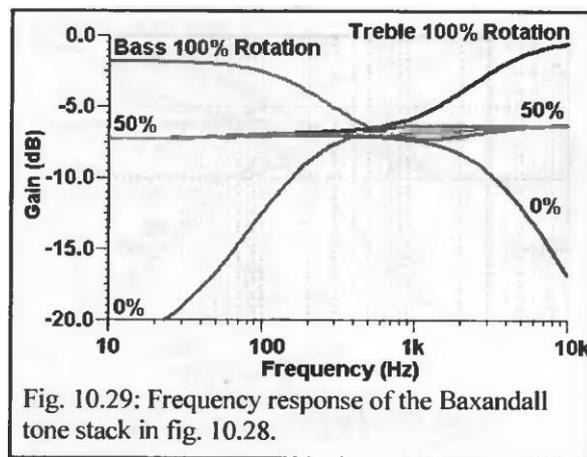
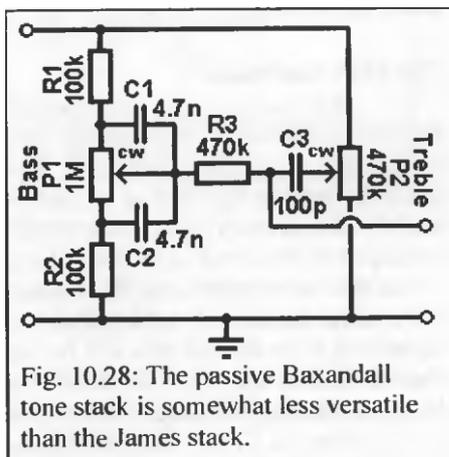


Многие усилители использовали этот темброблок или с какими то изменениями в нём, в том числе усилители Ampeg, Dynato, Garnet, Orange и Fender 'blonde' Twin Amp, что делает этот темброблок вторым по полярности после схемы FMV ( но об этом ниже)

В оригинально схеме James не было потенциометра P3, но он может быть включён для регулировки центра настроек двух базовых регуляторов. Увеличение его значения даёт сдвиг частот в низ, АХЧ показана на рис 10,27. Во многих случаях это более полезно чем регулятор средних частот, особенно для бас-гитары. Очень похожие схемы применяются в усилителе Carlsbro 60TC.



### Пассивный темброблок Baxandall



Это весьма влиятельная схема была разработана Питером Баксандааллом и опубликована в 1952 году. На бумаге на самом деле была описана активная схема, поэтому эту версию называют пассивной. В оригинальной схеме также требуется **tapped** потенциометр, но он не исключён так как не всегда доступен.

Как видно из рис. 10,28, схема включает в себя ещё и регулятор низких частот, так же как и схема James'ю, но «обвязка» Treble отличается. Резистор R3 необходим для разделения двух регуляторов ( без него регулятор Treble бесполезен) Эта схема даёт почти идеально ровный центр настройки (см. рис. 10,29) хорошую изоляцию между элементами и очень предсказуемым, хотя и тонким, диапазоном регулировок. Не удивительно что она стала популярной среди HiFi усилителей.

Тем не менее для эквивалентных компонентов нагрузка от Baxandall чуть больше чем James, и полезный сдвиг центра управления не так то просто добавить, поэтому во многих гитарных усилителях Baxandall менее полезен , и действительно очень не многие его использовали.

### FMV темброблок

Это самая распространённая схема темброблока, применяемая в гитарных усилителях. Первоначально разработанная Fender, по позже была переработана Marshall и Vox, и применяемый практически во всех их усилителях, по названиям фирм получила название FMV. С тех пор схема стала рассматриваться как стандарт для гитарных усилителей, и применялась в усилителях других фирм. Привлекательность схемы очевидна, она требует только три конденсатора и резистора в дополнение к потенциометрам Bass, Middle и Trable. Тем не менее схема со всеми своими потерями имеет очень интерактивный контроль параметров и **контроль средних частот оставляет желать лучшего** (об этом будет написано позже) и читателям не следует

рассматривать эту схему как идеальный темброблок, а лишь как наиболее экономичный. Несмотря на свои недостатки это схема заслуживает особого внимания.

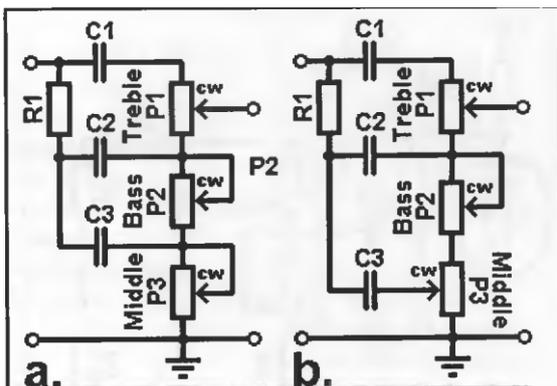


Fig. 10.31: The FMV tone stack is the most common tone stack found in guitar amplifiers. The variation in a. was used by Fender, while that in b. was preferred by Marshall.

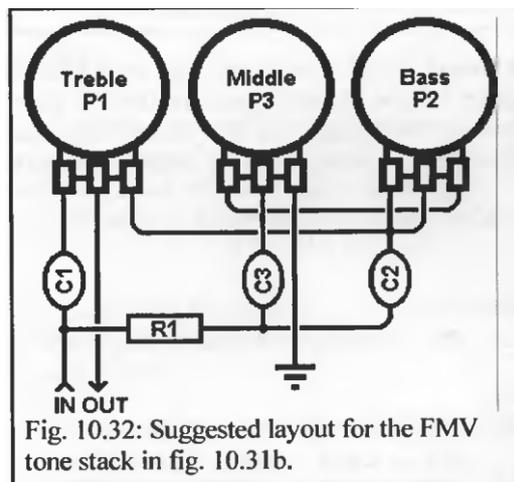


Fig. 10.32: Suggested layout for the FMV tone stack in fig. 10.31b.

Две разновидности схемы FMV показанны на рис. 10,31, с разницей лишь в подключении регулятора средних частот. Это даёт мало разницы в функционировании все цепочки, за исключением минимальных настроек. Связи с этим «а» оспользуемая в Fender, во время минимальных настроек, сигнал полностью шунтируется на землю и усилитель молчит. Это может сбить с толку некоторых музыкантов, но расположение «b» применяемое в Marshall исключает это.

R1 называемый **резистором склона** и по польшей части определяет минимальное входное сопротивление всей цепи и болжен иметь домтаточно большой номинал., что бы нагрузка предыдущего этапа не ушли в низ слишком резко. Если темброблок стоит за катодным повторителем, то резистор R1 имеет значения от 33K до 100K обычно, но если темборлок стоит после каскада усиления на лампах 12AX7 или ECC83, то его значение берётся примерно от 100K до 220K. Типичные зависимости частот приведены в следующем разделе.

### Разработка FMV темброблока

Самый эффективный способ разработки темброблока, это начать с низу то есть с регулятора Middle. Этот метод будет наиболее точным лоя обеих версий схемы на рис.10,31

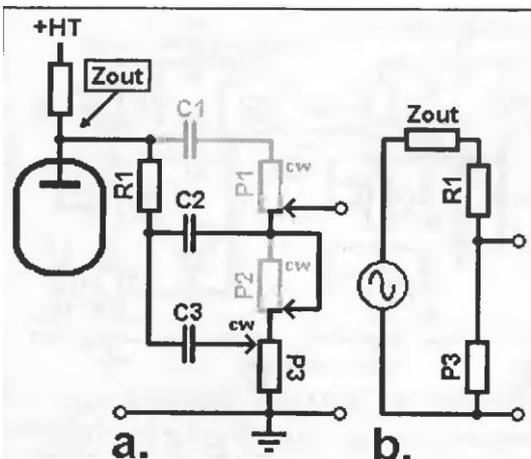


Fig. 10.33: At middle frequencies, with P3 at maximum and P2 at minimum (a.), C2 and C3 appear in parallel and the circuit may be reduced to the Thévenin equivalent in b.

Допустим что регулятор средних частот P3 выставлен на максимум, Bass и Treble на минимум, тогда получим плоскую регулировку. Это показано на рис. 10,33a Для средних частот C1 мало и может быть проигнорировано, в то время как C2 и C3 велючены в параллель и суммарная ёмкость становится больше, будем считать что они замкнуты на землю. Схема может быть уменьшена до эквивалентной показанной на рис.10,33b.

Будем считать что перед темброблок типичный каскад усиления с выходным сопротивлением 40K и резистор R1 принимаем 100K. Теперь выберем P3. Zout+R1 и P3 образуют делитель и он определяет степень ослабления на **плоских настройках**. При больших затуханиях  $\beta$ , большее количество высоких и низких частот можно будет «добавить назад» при положении «максимум». Однако, эта также даст наибольшее снижение уровня сигнала средней частоты, где

«максимум». Однако, эта также даст наибольшее снижение уровня сигнала средней частоты, где

лежит большая часть гитарного диапазона. Классические усилители Fender используют часто -23дБ затухания, что даёт широкий тональный диапазон, но с малым гейном, для Clean преампов. Классические усилители Marshall известны в свою очередь более высоким уровнем усиления и наличием катодного повторителя перед темброблоком и используют -7дБ степень затухания. В этом случае мы можем выбрать промежуточное значение -10дБ.

$$\beta = 10^{\frac{\text{dB}}{20}} = \frac{P3}{Z_{\text{out}} + R1 + P3}$$

В этом случае

$$\beta = 10^{\frac{-10}{20}} = 0.32$$

Расширим формулу для подсчёта P3

$$P3 = \frac{-\beta(Z_{\text{out}} + R1)}{\beta - 1} = \frac{-0.32 \times (40\text{k} + 100\text{k})}{0.32 - 1} = 66\text{k}\Omega$$

Ближайшее стандартное значение 47К, которое фактически даст:

$$\beta = \frac{47\text{k}}{40\text{k} + 100\text{k} + 47\text{k}} = 0.25 \text{ or } -12\text{dB}$$

Что разумно. Слабость управление средними частотами очевидна: в то время как высокие и низкие частоты могут быть увеличены выше этого «плоского уровня», управление средними уже на максимуме в данный момент, так что мы может только сократить долю средних частот. Причём диапазон «реза» весьма ограничен, но становится весьма интерактивным регулятор Treble.

Теперь выбираем C3, предполагая что регулятор Bass установлен на максимум, Middle на минимум, давая эквивалентную схему показанную на рис. 10,34. Видно что C3 шунтирует высокие частоты на землю, а остальные более низкие частоты передаются регулятором баса P2. Таким образом C3 определяет «верхний» конец диапазона контроля низких частот. Если приблизительно +3дБ перехода частот между средними и низкими, тогда

$$f \approx \frac{1}{2\pi C3(Z_{\text{out}} + R1)}$$

Fender Bassman 5F6 использует частоту 140Гц (для бас гитары) в то время как Marshall JMP50 переработан под 213Гц

Предположим что мы выбрали частоту 200Гц.

$$C3 = \frac{1}{2\pi f(Z_{\text{out}} + R1)} = \frac{1}{2\pi \cdot 200(40\text{k} + 100\text{k})} = 5\text{nF}$$

Ближайшее стандартное значение 4,7нФ, даст частоту 242Гц, которая является разумным показателем для разработки усилителя с более серединным диапазоном регулировок. Значение 6,8нФ, даст 167Гц, что было бы более подходящим для применения в бас гитарных усилителях. С учётом ограниченного диапазона значений конденсаторов часто легче скорректировать значение подбором резистора наклона в данной точке.

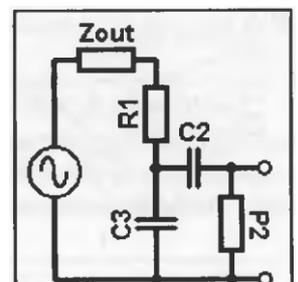


Fig. 10.34: Low-frequency Thévenin equivalent circuit, with the middle control is set to minimum and the bass control set to maximum.

Теперь выберем P2 и C2 для Bass

Чем больше значение P2, тем больше степень наличия низких частот в звуке, так как теоретически минимальное количество получаемого среза басов

$$\beta_{(\text{bass})} = \frac{P2 + P3}{P2 + P3 + R1 + Z_{\text{out}}}$$

На практике это значение достигается только для очень низких частот и только если C2 выбран очень большим, поэтому наибольшее значение составляет 1M, и оно обычно применяется. Тем не менее это может сделать темброблок более «басово - тяжёлым», за исключением очень низких строев. Это может подходить для ритм гитары с синглами, но сделает управление регулятором Bass не удобной для гитар с хамбакерами или играющими Lead, и автор рекомендует использовать более низкий номинал 470K. Он может быть линейного либо логарифмического типа в зависимости от вкуса.

C2 определяет «нижний конец» диапазона управления басом, обычно это ниже звуковых частот и имеет минимум тонального воздействия на остальные компоненты при шунтировании. На самом деле C2 можно пропустить полностью и заменить для проводник, если бы не пробовалась отсечка постоянного напряжения от потенциометра.

При контроле на максимуме нижних -3дБ частота перехода будет:

$$f = \frac{1}{2\pi C2(Z_{\text{out}} + R1 + P2 + P3)}$$

Хотя это показатель вырастит при выкручивании регулятора Bass. Типичное значение очень низко, на уровне 10Гц. В этом случае значение 10нФ для C2 даст частоту:

$$f = \frac{1}{2\pi C2(Z_{\text{out}} + R1 + P2 + P3)} = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^{-9} \times (40k + 100k + 470k + 47k)} = 13\text{Hz.}$$

Теперь мы можем выбрать компоненты регулятора высоких частот P1 и C1. Значение P1 должно быть достаточно большим, что бы можно было принять C1 небольшого значения, в противном случае средние частоты будут проходить через C1 на выход и диапазон регулирования Treble будет ограниченным. Другими словами остальные два элемента управления станут чрезвычайно интерактивными с возможностью регулировки высоких частот тоже. Однако, если P1 будет иметь слишком большое значение, то это не только даст много резисторного шума, но вынудит уменьшать значение C1, что сделает приведёт к значительным бродячим наводкам. Значение между 220K и 470K оптимально.

C1 определяет нижний конец диапазона регулировки Treble при переходе -3дБ. Тогда частота составит примерно:

$$f \approx \frac{1}{2\pi C1(P1 + Z_{\text{out}})}$$

Эта настройка слишком мало отнимет у регулятора Middle, поэтому типичные частоты около 2кГц. Если мы используем потенциометр 470K, тогда:

$$C1 \approx \frac{1}{2\pi f(P1 + Z_{\text{out}})} = \frac{1}{2\pi \times 2000 \times (470k + 40k)} = 156\text{pF.}$$

Значения 150пФ и 120пФ легко доступны. Это чаще всего керамические конденсаторы, хотя, как это было предложено во второй главе полипропиленовые предпочтительнее.

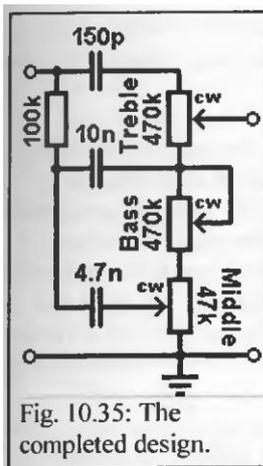


Fig. 10.35: The completed design.

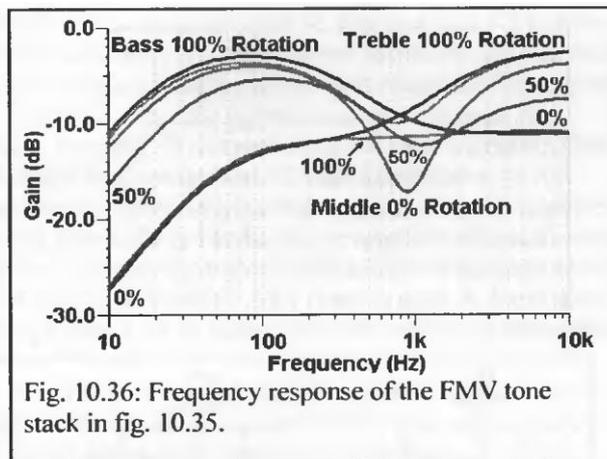


Fig. 10.36: Frequency response of the FMV tone stack in fig. 10.35.

Окончательный вариант схемы показан на рис. 10,35, вместе с частотной характеристикой на рис. 10,36. Если перед темброблоком стоит катодный повторитель, то  $Z_{out}$ , как правило, достаточно мало, что это значение может быть игнорировано в предыдущих расчётах., что должно быть понятно большинству читателей, с помощью этого метода темброблок типа FMV может быть рассчитан для любого источника сопротивления, ограничение только лишь по стандартному ряду номиналов радиоэлементов.

Поскольку все три конденсатора находятся до потенциометров они должны быть рассчитаны на работу при анодном напряжении. Тем не менее коммерческие производители могут сэкономить деньги используя дополнительный высоковольтный конденсатор до темброблока (имеющий номинал как правило в двое больше чем  $C_2$ ) так что  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  могут быть рассчитаны на меньшие напряжения.

### Раширение FMV темброблока

#### Переключатель Ultra-low:

При переключении конденсатора  $C_4$  между нижней частью резистора наклона и землёй (рис. 10,37), высокие частоты могут быть постоянно ослаблены перед регулятором Middle. Это делает регуляторы Treble и Middle менее информативными, увеличивая впадину средних частот и смещая к более низким частотам (хотя это отнимает также некоторый диапазон регулировок средних частот). Это создаёт впечатление увеличения баса. Эта функция появилась на некоторых поле поздних версиях Fender Bassman и было названо "Deep" (глубина) переключатель. Значение

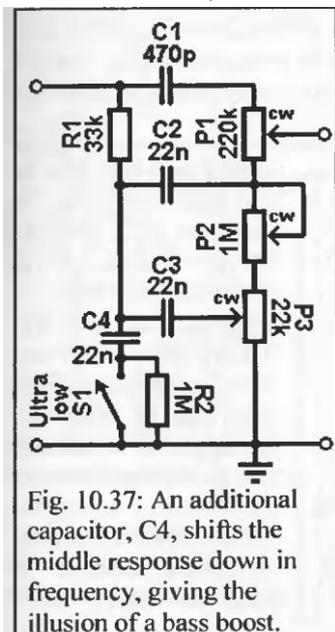


Fig. 10.37: An additional capacitor,  $C_4$ , shifts the middle response down in frequency, giving the illusion of a bass boost.

$C_4$  как правило берётся тоже самое что и  $C_3$ . Резистор  $R_2$ , соединённый параллельно с переключателем включён в схему что бы сократить появляющиеся звуки (щелчки, возможно:-) ) Частотная

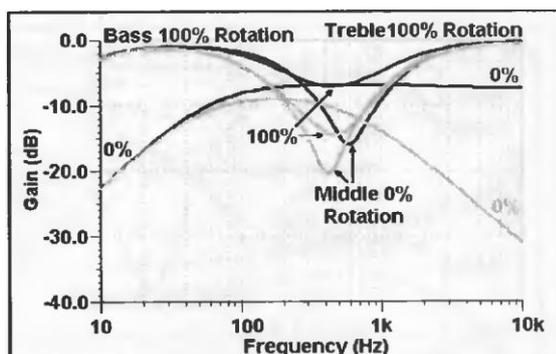
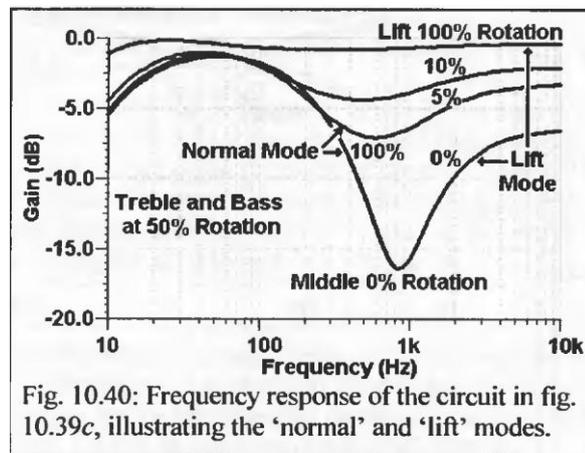
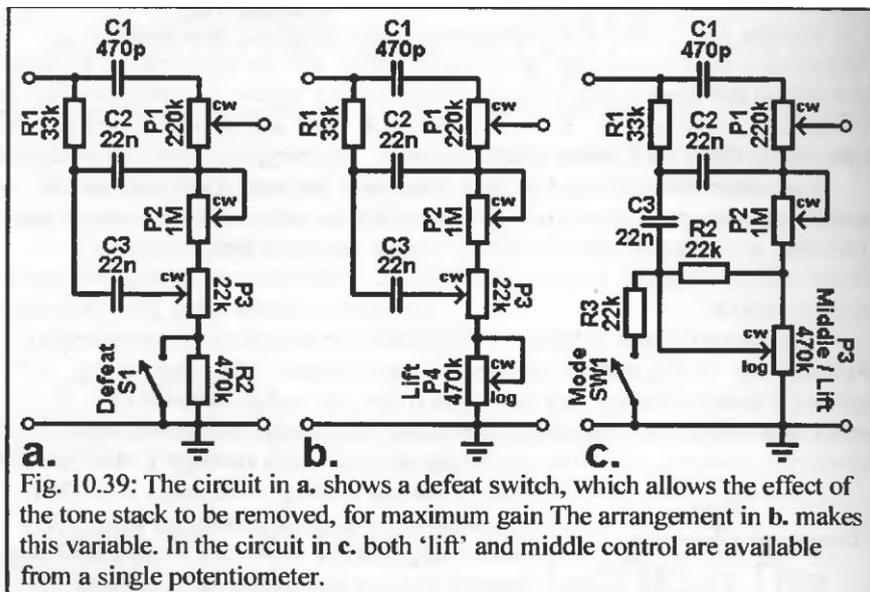


Fig. 10.38: Frequency response of the FMV tone stack in fig. 10.37. Bold traces are the 'normal' response while the faint traces show the response with the 'ultra low' switch closed.

характеристика показана на рис. 10,38

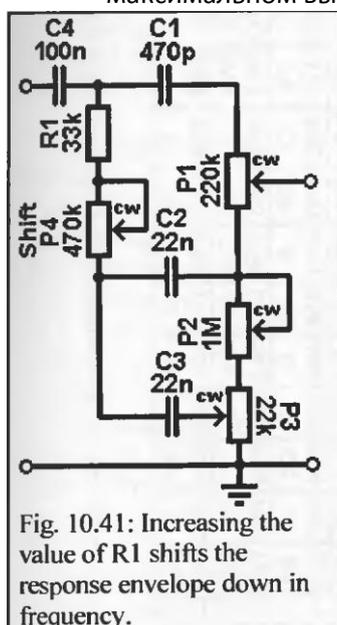
### Defeat/Lift (поражение/лифт)

Это общий переключатель исключения работы темброблока из предъусилителя. Позволяет передавать сигнал без затухания (но без каких-либо обработок конечно) для получения дополнительного гейна/овердрайва в последующих этапах. Его легко сделать вставит переключатель между P3 и землёй.



Большой резистор R4 (примерно в пять раз больше R1), должен быть включен параллельно с этим переключателем, чтобы уменьшить щелчки при включении и сохранить необходимые пути утечки сетки последующего каскада. Это показано на рис. 10,39a. Заменяв этот дополнительный резистор потенциометром как на рис. 10,39b позволяет постепенно повышать или понижать степень выравнивания и может быть настроен по вкусу. На максимальных настройках, темброблок снова полностью исключён. Эта идея может быть применена для любого темброблока.

Если на передней панели усилителя мало места, то роль «лифта» может выполнять резистор P3 при добавлении тумблера выбора режима его работы, как показано на рис. 10,39c. Резисторы R2 и R3 добавляются таких номиналов чтобы темброблока была без изменений в нормальном режиме, но они должны иметь тоже значение что и «нормальное» значение P3 при обычном темброблоке. Размыкание переключателя SW1 позволяет P3 полностью поднять темброблок при максимальном выкручивании, так P3 может работать в "Lift" режиме. Рис. 10,40 показывает график АХЧ и иллюстрирует, как диапазон может постепенно сокращаться, пока темброблок не будет полностью исключён.



### Регулятор Shift

Хотя схема «обсчитывается» вокруг выбранного резистора наклона, значением этого резистора можно варьировать для смещения работы темброблока. Сдвиг не будет таким единым как на схеме James, потому что сопротивление R1 увеличивает степень низких и средних частот, так что диапазон управления высокими становится больше за счёт этого. Однако, так как «традиционным» решением является довольно высокий уровень басов, во всяком случае, это действительно может быть полезно. Уменьшение значения R1 имеет противоположный эффект, этого как правило избегают. Рис. 10,41 показывает подобный регулятор P4, добавленный к схеме. Для избежания высокого анодного напряжения на этом потенциометре применяют конденсатор C4, имеющий значение по

крайней мере в два раза выше чем С2. Влияние этого регулятора показано на рис. 10,42

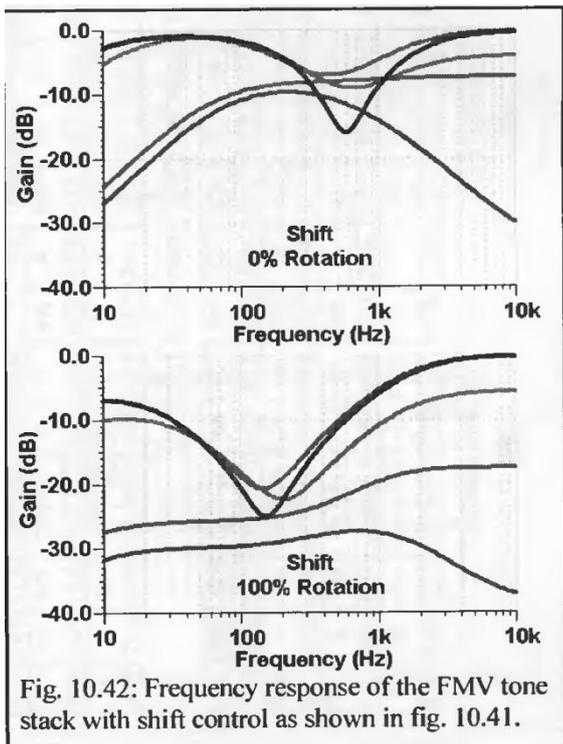


Fig. 10.42: Frequency response of the FMV tone stack with shift control as shown in fig. 10.41.

	OPEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Guitar</b>	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C
	330	349	370	392	415	440	466	494	523	554	587	622	659	698	740	784	831	880	932	988	1047
	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G
	247	262	277	294	311	330	349	370	392	415	440	466	494	523	554	587	622	659	698	740	784
	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#
	196	208	220	233	247	262	277	294	311	330	349	370	392	415	440	466	494	523	554	587	622
D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	
147	156	165	175	185	196	208	220	233	247	262	277	294	311	330	349	370	392	415	440	466	
A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	
110	117	123	131	139	147	156	165	175	185	196	208	220	233	247	262	277	294	311	330	349	
E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	
82	87	92	98	104	110	117	123	131	139	147	156	165	175	185	196	208	220	233	247	262	

**Note and frequency in Hertz (approx.) for standard tuning.**

	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#
<b>Bass</b>	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#
	98	104	110	117	123	131	139	147	156	165	175	185	196	208	220	233	247	262	277	294	311
	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#
	73	78	82	87	92	98	104	110	117	123	131	139	147	156	165	175	185	196	208	220	233
A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	
55	58	62	65	69	73	78	82	87	92	98	104	110	117	123	131	139	147	156	165	175	
E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	
41	44	46	49	52	55	58	62	65	69	73	78	82	87	92	98	104	110	117	123	131	