

А.С. Храмушин

ЛАМПОВЫЕ ФОНОКОРРЕКТОРЫ

*Настольное пособие
радиолюбителя*

2018

ПРЕЖДЕСЛОВИЕ

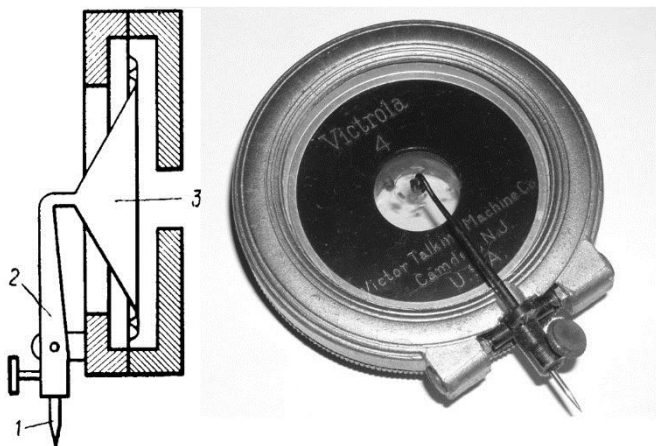
Для тебя, неизвестный мне Радиоловитель и Самодельщик, создана эта книга. Она не истина в последней инстанции, но, надеюсь, окажется полезной. Труд этот создан на основе моего архива, собравшегося в результате почти десятилетнего опыта поиска самого лучшего конструкторского решения для создания усилителя-корректора (далее фонокорректор или корректор) для воспроизведения грамзаписей. В книге описаны практические реализации корректоров в той последовательности, как они создавались по времени, от пробной модели до самой совершенной из тех, что были мной созданы. Естественно, описаны не все конструкции, какие были, а лишь те, которые можно назвать отправными точками. Описания схем даны без расчетов для удобства тех, кто дружит с паяльником и не очень любит математику, т.е. основной массы радиоловителей. Желающие освоить/применить самостоятельно расчеты могут воспользоваться методиками, представленными в Приложениях. По этой же причине подряд представлены схемы четырех практически одинаковых источников питания, чтобы радиоловитель, прочитав в описании того или иного корректора какой источник питания рекомендуется, мог просто перелистнув страницу, не раздумывая, собрать по уже готовой схеме блок питания. Источники питания можно использовать и другие, обеспечивающие соответствующие напряжения и токи. Были сомнения, надо ли описывать принципы записи и воспроизведения

грамзаписей. Решив, что знакомые с ними люди и так их знают, а молодые радиолюбители, воспитанные на «цифре» имеют смутное представление об этом процессе, книгу свою я начал с цитирования В.Полякова «Посвящение в радиоэлектронику» (текст выделен курсивом), который «на пальцах» объяснил что такое грамзапись.

Выражаю благодарность моим друзьям: Артюху Анатолию,Гениятуллину Денису, Ротанову Юрию, Сухину Валерию, которые участвовали в создании этих аппаратов, Халатяну Ашотику, обеспечивавшему эксперименты экзотическими лампами; заказчикам, благодаря которым приходилось решать те или иные технические задачи, чтобы удовлетворить их запросы.

Итак, вперед, читатель! Суди меня не строго, а прослушиванием собранного аппарата.

ТЫ ПОМНИШЬ, КАК ВСЕ НАЧИНАЛОСЬ...



**Головка граммофона: 1 - игла; 2 –поводок
иглодержателя; 3 - мембрана**

Исторически первая граммофонная запись была прямой механической. Даже звук в ней при записи воздействовал непосредственно на мембрану, соединенную с резцом, нарезающим на валике или диске звуковую дорожку. Как ни странно, этот вид записи оказался весьма устойчив к воздействию времени: шеллачные пластинки начала XX века, если конечно не убиты в хлам, почти с тем же качеством, какое изначально имели, передают музыку, записанную 100 лет назад.



Рис.1. Аппараты для механического воспроизведения звука. Слева направо: патефон, граммофон.

Современная техника грамзаписи.

«Следующим шагом в механической звукозаписи был отказ от граммофонов и патефонов и переход к электрическому воспроизведению. Появился адаптер-устройство для преобразования колебаний иглы в электрический сигнал. Этот сигнал можно было усилить до любого необходимого уровня и подвести к громкоговорителю. При электрической грамзаписи не нужна большая амплитуда колебаний звуковой дорожки на пластинке, и плотность записи удалось значительно повысить. Появились долгоиграющие пластинки с микроскопической канавкой и большим временем звучания. Заметно возросло и качество звукозаписи. Не будем подробно рассматривать технологию производства долгоиграющих пластинок. В

принципе она осталась той же, что и для обычных пластинок. Рассмотрим аппараты для воспроизведения записи -проигрыватели и обсудим проблемы, связанные с повышением качества звуковоспроизведения.

Прежде всего пластинку нужно привести во вращательное движение. Тут не обойтись без электрического двигателя. Согласитесь, что несерьезно в наш электронный век заниматься пружинными приводами с заводной ручкой, как у патефона! В относительно дешевых, массовых проигрывателях используют двигатели переменного тока, питаемые непосредственно от сети. К тонкому валу двигателя прижимается обрезиненный ролик, касающийся также и внутренней поверхности диска, на который кладется пластинка. Диаметры вала и диска подобраны так, чтобы получить требуемую скорость вращения пластинки 33 об/мин. В некоторых моделях предусматривают механическое переключение скорости на 45 об/ мин (зарубежный стандарт) и 78 об/мин (старые, недолгоиграющие пластинки). К недостаткам подобного привода относится повышенный шум, создаваемый двигателем. Его шум не только слышен непосредственно, но и передается на чувствительный элемент адаптера механическим путем, проникая таким образом в электрический канал воспроизведения. Для борьбы с шумом и двигатель, и звукоусилитель-адаптер тщательно амортизируют. Обрезиненный ролик тоже вносит лепту, вызывая своими неровностями малые колебания скорости диска, называемые детонациями. В более совершенных

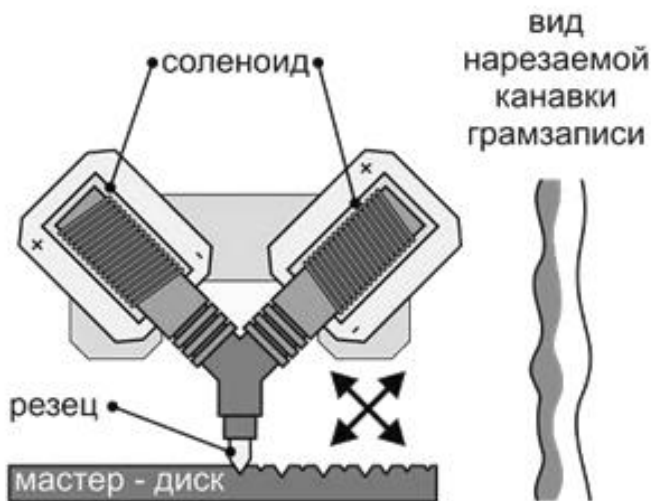


Рис.2. Устройство электромагнитной записывающей головки.

проигрывателях отказываются от обрешиненного ролика и заменяют его бесконечным резиновым ремнем-пассиком, проходящим через шкивы на осях двигателя и диска. Пассик хорошо амортизирует вибрации двигателя, но хлопок с ним больше, и надежность системы получается ниже.

Диск проигрывателя в любом случае стараются делать потяжелее, чтобы своей инерцией он сглаживал рывки и детонации привода. Здесь важна не сама по себе масса диска, а его момент инерции. Большой момент инерции получается у дисков большого диаметра с массивным ободом. Подшипники диска выполняют с особой тщательностью, а сам диск подгоняют до точного совпадения его центра инерции с осью вращения, чтобы устранить возможные биения

диска при вращении. Если не требовать быстрого раскручивания и быстрой остановки диска (а это обычно не нужно), то привод диска может быть совсем маломощным - ведь остается преодолеть лишь малую силу трения в подшипниках. В дорогих моделях проигрывателей отказались от двигателя переменного тока и стали применять микродвигатели, питаемые от стабилизированного источника постоянного напряжения, тем самым снижали шум и вибрации. Наиболее совершенным считают привод от двигателя, выполненного как одно целое с диском. Обмотки этого многополюсного двигателя питают пульсирующим током от специального транзисторного генератора, а управляет генератором фотоэлектрический датчик скорости вращения, закрепленный у обода того же диска. Вся система позволяет поддерживать очень высокую стабильность скорости вращения диска.

Другой очень ответственный узел проигрывателя - звукосниматель с держателем или, как его называют, тонармом. Самый простой звукосниматель - пьезоэлектрический. Игла, бегущая по звуковой дорожке, скреплена с небольшой прямоугольной пластинкой из пьезокерамики. Вибрации иглы передаются пластинке, и на ее поверхности возникает переменный потенциал звуковой частоты. Через специальные выводы он подводится к усилителю. Пьезоэлектрический звукосниматель очень высокого качества трудно изготовить по многим причинам. Пьезоэлемент жесткий, поэтому игла оказывает повышенное давление на стенки извилистой звуковой



рис.3.Проигрыватель с пьезоэлектрической головкой звукоснимателя. 60-ые годы XX века.

дорожки на пластинке. У пьезоэлемента много побочных механических резонансов, и поэтому трудно получить равномерную частотную характеристику звукоснимателя. По этим причинам пьезоэлектрические звукосниматели используют лишь в дешевых моделях проигрывателей.

В электромагнитной головке звукоснимателя с иглой скреплен крошечный магнит, около которого находится катушка с большим числом витков очень тонкого провода. Вибрация магнита изменяет магнитный поток, пронизывающий витки катушки, и наводит на них ЭДС индукции, изменяющуюся в такт с колебаниями иглы. Иногда магнит делают неподвижным, а с иглой скрепляют миниатюрную катушку. Чем легче подвижная система звукоснимателя и чем выше ее гибкость, тем точнее игла отслеживает извилины



Рис.4. Проигрыватель с электромагнитной головкой звукоснимателя. Стиль конца 70-ых начала 80-ых годов XX века.

звуковой дорожки. При этом повышается качество звуковоспроизведения и уменьшается износ пластинки. Другой фактор, влияющий на износ пластинок, прижимная сила на кончике иглы, проще говоря, сила, с которой игла давит на пластинку.

У первых патефонов и граммофонов эта сила составляла многие десятки и даже сотни грамм (физики знают, что силу надо измерять в ньютонах, но для всех эта единица уж очень непривычна). Один грамм силы - внесистемная единица- составляет 9,8 миллиньютон, в которых справочники и дают прижимную силу звукоснимателей.

Современные проигрыватели пластинок, стереозвук

Современные звукосниматели почти не нажимают иглой на пластинку прижимная сила не превосходит нескольких грамм. С уменьшением прижимной силы должна увеличиваться и гибкость подвижной системы, иначе игла будет "выпрыгивать" из звуковой канавки. Как видим, современный звукосниматель представляет собой очень тонкий, сложный и дорогой механизм! Если ранее жесткая и сильно прижатая игла действовала на пластину подобно резцу (разве что стружка не вилась из-под иглы!), то теперь легчайшее прикосновение полированной алмазной иглы почти не портит пластинку. Любители грамзаписи хорошо знают: пластинку, предназначенную для хорошего проигрывателя, никогда нельзя проигрывать на более дешевых аппаратах с большой прижимной силой и малой гибкостью подвеса иглы.

Немало хлопот любителям грамзаписи доставляет и тонарм. Обычный поворотный тонарм в принципе не может удерживать звукосниматель на касательной линии к звуковой дорожке. Ситуация улучшится, если тонарм изогнуть и несколько удлинить, как обычно и делают в большинстве проигрывателей. Но при таком решении на иглу действует дополнительная, так называемая скатывающая сила, направленная по радиусу пластинки. Для ее компенсации используют грузики на тонких нитях или специальные подвесы тонарма. Наиболее совершенными считаются



Рис.5. Проигрыватель с тангенциальным тонармом.

тангенциальные тонармы, основание которых перемещается по мере передвижения иглы к центру пластинки. Для движения тонарма служит специальный следящий привод. Хотя мы упомянули далеко не все проблемы, связанные с конструкцией современного проигрывателя, перечисленных достаточно, чтобы составить представление о том, сколь сложной и тонкой машиной он оказался! К тому же проигрыватель обрывает массой дополнительных устройств и механизмов. Легкий звукосниматель с гибким подвесом нежелательно ставить и снимать с пластинки рукой: можно повредить и пластинку, и звукосниматель. Используют специальный механизм для подвода иглы к началу звуковой дорожки и плавного опускания ее... Зачем же нужны и что дают все эти сложные усовершенствования? Ответ один - высокую верность звуковоспроизведения. И действительно,

переход к микрозаписи на долгоиграющие пластинки позволил значительно расширить полосу записываемых звуковых частот. Старинные патефоны воспроизводили узкий диапазон частот, скажем от 300 Гц до 3...4кГц. Этого достаточно, чтобы узнать голос певца, но говорить о естественности звучания вовсе не приходится. Как это объяснить? Просто. Посмотрим внимательнее, хотя бы сквозь сильную лупу, на волнистую звуковую дорожку. Чем выше частота звуковых колебаний, тем круче становятся извилинки дорожки. Жесткая игла патефона или тяжелого звукоснимателя уже не может следовать за ними и разрушает стенки дорожки, перескакивает с одной дорожки на другую. Можно увеличить скорость вращения пластинки, но это - не выход, сократится время звучания. Остается уменьшить амплитуду записи и одновременно ширину звуковой канавки. Так пришли к долгоиграющим пластинкам. Большинство из них выпускают со стереофонической записью. На стереопластинке одна звуковая дорожка содержит запись двух звуковых каналов от левого и правого микрофонов. Сейчас повсеместно принята система 45/45, обозначаемая символом "x". В этой системе сигналы двух каналов записываются на двух взаимно перпендикулярных стенках звуковой канавки, расположенных под углом 45° к поверхности пластинки. На рисунках показано, как движется резец рекордера при записи одного из каналов - левого или правого. Если же сигналы в обоих каналах одинаковы, получается обычная поперечная запись. Для воспроизведения стереопластинки нужен

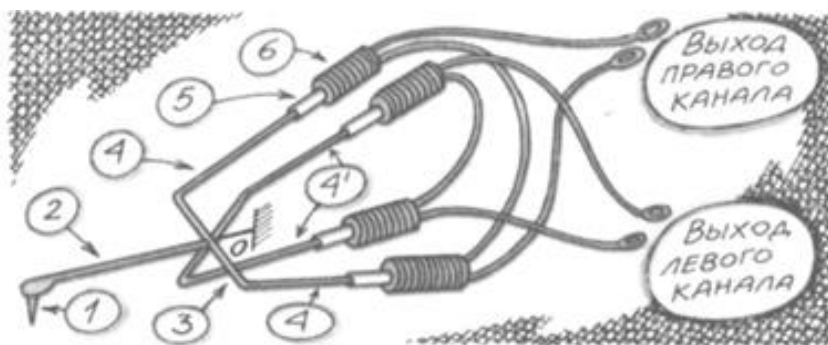
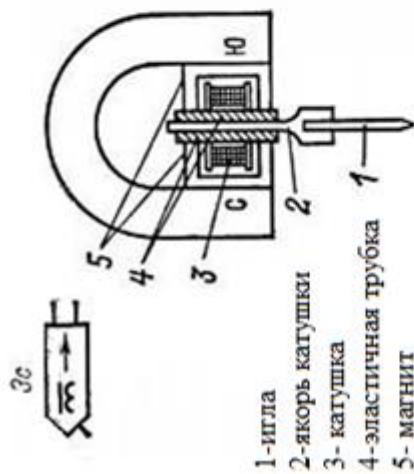


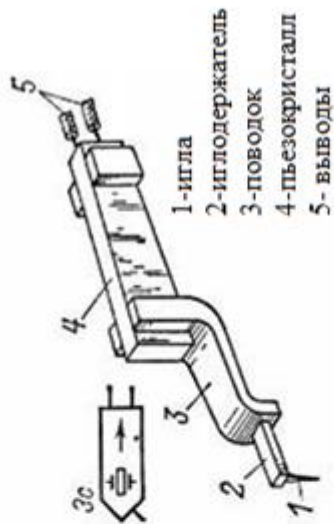
Рис.6. Устройство электромагнитной головки стереофонического звукоснимателя: 1-игла; 2 иглодержатель; 3-крестовина; 4, 4'-тяги магнитов; 5-магниты; 6 -катушки

стереофонический звукосниматель. В нем имеются два пьезокристалла (или две катушки), расположенные наклонно под углом 45° к горизонтали и перпендикулярно друг к другу. Каждый элемент воспроизводит звуковые колебания только "своего" канала. В качестве примера на рисунке 6 показано возможное устройство магнитной стереофонической головки, относящейся к классу головок с подвижными магнитами. Колебания иглы 1, следующей по звуковой дорожке пластинки, через иглодержатель 2 передаются крестовине (или кольцу) 3, шарнирно закрепленному в точке O. С крестовиной также шарнирно связаны тяги 4 и 4', на концах которых закреплены миниатюрные магниты. Плечи крестовины расположены под углом 45° к горизонтали, поэтому тяги 4 перемещаются только под действием колебаний, записанных в правом канале, а тяги 4' - в левом (взгляните еще раз на предыдущий рисунок, где изображена звуковая дорожка).



- 1- игла
- 2- якорь катушки
- 3- катушка
- 4- эластичная трубка
- 5- магнит

Устройство и графическое обозначение электромагнитного монофонического звукоснимателя.



- 1- игла
- 2- иглодержатель
- 3- проводок
- 4- пьезокристалл
- 5- выводы

Устройство и графическое изображение пьезоэлектрического монофонического звукоснимателя.

Рис.7



Рис.8. Доведенный в порыве винилового фетишизма до состояния абсурда современный проигрыватель стоимостью несколько тысяч долларов.

Остальное несложно. Перемещаясь по оси катушек б, магниты 5 наводят в них ЭДС, пропорциональную скорости изменения магнитного потока, а, следовательно, и скорости колебаний и магнитов, и кончика иглы. Пары катушек каждого канала соединены последовательно, чтобы ЭДС, наводимые в них, складывались. Что произойдет, если стереопластинку поставить на обычный, монофонический проигрыватель? Будут воспроизводиться колебания иглы только в поперечном направлении, вызываемые извилинами обеих стенок канавки. Следовательно, воспроизведется

монофонический сигнал, образованный суммой сигналов левого и правого каналов. Принятая система стереофонической грамзаписи полностью совместима с монофонической техникой.

У грамзаписи много достоинств, но есть и один существенный недостаток: пластинку, которая "разонравилась", нельзя переписать заново. Да и вообще, любитель грамзаписи не может записать услышанную и понравившуюся мелодию он должен ждать, когда это сделает за него какая-нибудь фирма, выпускающая грампластинки.

В.Поляков «Посвящение в радиоэлектронику».

ФОРМАТЫ ГРАМЗАПИСИ

В настоящее время считается, что основную массу грамзаписей (после 1967) года составляют носители, записанные в стандарте RIAA. Однако многие фирмы продолжали записывать пластинки в форматах отличных от указанного. Так, Deutsche Grammophon Gesellschaft (DGG) и после 1967 года делала записи в стандарте TELDEC. Записи, сделанные в Великобритании, имеют формат TELDEC (основная масса записей БИТЛЗ), LONDON LP M33 или BBC. А в 60-ые годы 20 века, когда во множестве имелись пластинки для проигрывателей со скоростью вращения 78 оборотов, количество разнообразных форматов доходило до двух десятков. С 1955 года в нашей стране, Великобритании и США для 78-оборотных пластинок действовал в основном стандарт IEC N78 (ГОСТ 5289 - 50). Поэтому, для любителей старинных записей имеет смысл собрать фонокорректор, как минимум, с двумя типами коррекции: RIAA и IEC N78. Если не предполагается прослушивание пластинок 30–40-х годов, то для мультисистемного фонокорректора следует выбрать следующие шесть стандартов: **IEC N78, Columbia LP M33, London M33&M45, NARTB до 1953, TELDEC, RIAA.** Чтобы при многословии не впасть в ошибки, ниже приводится таблица наиболее распространенных стандартов:

1. Европейский стандарт: "250"

HMV N78 (His Masters Voice) и Columbia N78 для записей по заказу **E.M.I. England. CETRA N78, Italy.**

Parlophon, Brunswick,

Постоянная времени: **636 μ s (250 Hz).**

2. Европейский стандарт: "500"

Европейский стандарт, действовавший до 1950, а также в США в компаниях **RCA Victor, Columbia.**

Постоянная времени: **318 μ s (500 Hz).**

3. Columbia N78

Постоянные времени: **530 μ s (300 Hz) и 100 μ s (1,590Hz)**

4. Columbia LP M33

HMV M33, произведенный в Великобритании.

Vanguard, Bach Guild, Cetra M33, Vox.

Постоянные времени: **1,590 μ s (100 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 100 μ s (1,590 Hz).**

5. NAB National Association of Broadcasters.

Постоянные времени: **318 μ s (500Hz) и 100 μ s (1,590Hz).**

6. NARTB National Association of Radio and TV

Broadcasters, взамен стандарта NAB. Применялся **Artist, Capitol, MGM, Westminster** (смотри надпись на ярлыке пластинки) и, вероятно, **Tempo M33**

Постоянные времени: **2,720 μ s (60 Hz), 318 μ s (500 Hz), and 100 μ s (1,590 Hz).**

7. AES Audio Engineering Society, созданный в 1951 стандарт для возможного общего употребления в США. Постоянные времени: **398 μ s (400 Hz) и 64 μ s (2,500 Hz)**.

8. London London Gramophone Corporation: London M33 & M45, Decca (возможно применялся). Постоянные времени: **1590 μ s (100 Hz), 318 μ s (500 Hz) и 57 μ s (2,800 Hz)**.

9. CCIR рекомендация No. 134 для 7-го пленарного заседания 1953года. ФРГ 1952-1955: DGG 33 1/3 LP. Постоянные времени: **450 μ s (350 Hz), 50 μ s (3,180 Hz)**.

10. IEC N78, рекомендованный в 1955 для проигрывания дисков на 78 оборотов, **B.S. No. 128 (Англия)**. Постоянные времени: **3180 μ s (50 Hz), 450 μ s (350 Hz), и 50 μ s (3,180 Hz)**.

11. RCA Victor и IEC No.98 Более известен как **RIAA**, принятый "**New Orthophonic**" стандарт **1952**. Рекомендован в 1953 для **NARTB**, с 1955 для **IEC No.98**, и **B.S. No. 128**. Является мировым стандартом с 1967. Постоянные времени: **3180 μ s (50 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 75 μ s (2,120 Hz)**.

12. TELDEC Объединенный стандарт **Telefunken и Decca** применялся в Германии (ФРГ) как **DIN-Standard** от июля **1957: DIN45533, DIN45536, DIN45537**. Постоянные времени: **3180 μ s (50 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 50 μ s (3,180 Hz)**.

Таблица АЧХ форматов грамзаписи

f Гц	1 250 dB	2 500 dB	3 Col.M78 dB	4 Col.M33 dB	5 NAB dB	6 NARTB dB	7 AES dB	8 London dB	9 CCIR dB	10 IEC N78 dB	11 RCA dB	12 TELDEC dB
30	+18.2	+23.5	+21.1	+14.1	+25.0	+18.0	+22.5	+13.2	+21.3	+15.5	+18.6	+18.1
40	+15.7	+21.0	+18.7	+13.9	+22.5	+17.3	+20.0	+13.0	+18.8	+14.7	+17.8	+17.3
60	+12.3	+17.5	+15.2	+13.2	+19.0	+16.0	+16.6	+12.3	+15.3	+13.1	+16.1	+15.6
120	+7,0	+11.6	+9.7	+10.8	+13.1	+12.2	+10.9	+10.0	+9.7	+9.0	+11.8	+11.3
250	+2.7	+6.0	+4.9	+6.7	+7.4	+7.1	+5.5	+5.9	+4.6	+4.5	+6.7	+6.2
500	+0.7	+2.0	+2.0	+2.9	+3.1	+3.0	+2.0	+2.3	+1.5	+1.5	+2.6	+2.3
1 кГц	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 кГц	-0.2	-0.7	-2.9	-3.4	-3.4	-3.4	-2.0	-1.9	-1.4	-1.4	-2.6	-1.8
4 кГц	-0.3	-0.9	-7.5	-8.1	-8.1	-8.1	-5.5	-5.1	-4.2	-4.2	-6.6	-4.7
6 кГц	-0.3	-1.0	-10.7	-11.3	-11.3	-11.3	-8.3	-7.9	-6.7	-6.7	-9.6	-7.2
8 кГц	-0.3	-1.0	-13.1	-13.7	-13.7	-13.7	-10.5	-10.0	-8.8	-8.8	-11.9	-9.3
10 кГц	-0.3	-1.0	-15.0	-15.6	-15.6	-15.6	-12.3	-11.8	-10.5	-10.5	-13.8	-11.0
12 кГц	-0.3	-1.0	-16.5	-17.1	-17.1	-17.1	-13.8	-13.3	-11.9	-11.9	-15.3	-12.4
15 кГц	-0.3	-1.0	-18.4	-19.0	-19.0	-19.0	-15.7	-15.1	-13.8	-13.8	-17.2	-14.3

ВСТУПЛЕНИЕ В ПРАКТИЧЕСКУЮ ЧАСТЬ

Как все началось. С начала 90-х годов XX века я и мои друзья почитали CD. С момента появления этого вида записи звука было сделано множество ламповых усилителей мощности. Оценивали их прослушивая тестовые диски и фирменные CD. Как-то лет десять назад мне в рабочий кабинет принесли советский проигрыватель. Кажется, «Вега». Точно не помню. И попросили починить его. Как раз к моменту проверки работоспособности отремонтированного проигрывателя зашли ко мне друзья. Естественно, захотелось всем поностальгировать и послушать как звучит винил. Ламповый усилитель в кабинете был. Фонокорректор в проигрывателе имелся, правда, полупроводниковый. Во время обеда сбегали на блошинный рынок и купили пластинку фирмы «Мелодия» за 20 рублей. И вот, настал момент истины. Зашуршало, защелкало в акустической системе и полилась «Тройка почтовая» в исполнении оркестра под управлением Гараняна. Смотрю я на друзей и за собой замечаю, что мы притоптываем в такт музыке ногами. Такого явления при прослушивании музыки на CD не наблюдалось. Кто мне объяснит физику процесса? С этого момента я стал поклонником механической записи звука. Естественно, захотелось послушать разницу в звучании полупроводникового и лампового фонокорректора. Из имевшихся под рукой ламп быстро слепили простейший

ламповый фонокорректор. Естественно, триодный. На лампах 6С3П и 6Н23П. Тогда мы еще были в суровом заблуждении, которое в среде аудиофилов называется «триодники». Потом жизнь научила смотреть шире и глубже. Может и есть счастливики, прожившие жизнь так, как хотели, но я сам и все, кого лично знаю, прожили не как хотели, а как получилось. И, слава Богу! Но, все по порядку. Ламповый фонокорректор уделал по всем показателям, кроме массогабаритных, полупроводниковый на К157УД2. Это было, конечно, ожидаемо. Естественно, начался гон по поиску наилучшей реализации. Как все происходило будет описано ниже.

Из чего же, из чего же, из чего же сделаны эти чудесные аппараты для коррекции и усиления грамзаписей? Топология схем придумана не мной и задолго до моего рождения. В книге будут описаны практические конструкции фонокорректоров в порядке, соответствующем времени появления того или иного аппарата на свет. В конце книги в разделе «Приложения» будет немного теории. Каждый раздел начинается с описания ламп, которые были использованы при их конструировании, а затем представлены принципиальные схемы фонокорректоров и некоторые рекомендации по их воплощению «в железе».

ДЕТАЛИ И МАТЕРИАЛЫ. ПРОВОДА

В блоке усилителя для монтажа сигнальных цепей и цепей питания анода желательно использовать одножильный эмалированный провод или провод в х/б или лакотканевой изоляции. Одножильность сильнее ощутима на слух чем материал (просто медь или посеребренная, а то и чистое серебро). Цепи накала можно питать и многожильным проводом с изоляцией, выдерживающей высокую температуру. Например, типа МГТФ и т.п. Межблочный кабель, соединяющий блок питания корректора с корректором выполнить такими же проводами что и накальные цепи, для безопасности и удобства поместив их в силиконовую или тканевую трубку.

В блоке питания не обязательно использовать одножильный провод. Так как связь блока питания с корректором все равно производится достаточно длинными (до 1.5 метров) многожильными проводами.

КОНДЕНСАТОРЫ

В блоке усилителя в авторском варианте конденсаторы использованы бумажно- масляные типа МБГО, в цепях выпрямителя накала, естественно, электролитические. В сигнальных цепях в качестве межкаскадных используются бумажно-масляные конденсаторы. Полистирольные типа К71-7 тоже хорошо себя зарекомендовали. В цепях коррекции

Марка конденсатора	Тип диэлектрика	Особенности
КБГ-МН	Бумажно-масляный	Очень большие габариты
КБГ-МП	Бумажно-масляный	Очень большие габариты
МБГО	Бумажно-масляный	
К40-У9	Бумажно-масляный	Максимальный номинал емкости 1 мкф
МБГП	Бумажно-масляный	При равной емкости размер больше чем МБГО
МБГЧ	Бумага+ вазелин	При равной емкости размер больше чем МБГО

можно использовать слюдяные конденсаторы (ССГ, КС и т.п.), полистирольные К71-7, фторопластовые и бумажно-масляные. Ниже представлена таблица, в которой, по мере убывания их положительных характеристик с точки зрения звука, расположены типы конденсаторов. Таблица составлена на основании специально проведенных тестов.

Вместе с этими конденсаторами тестировался конденсатор JENSEN с медными обкладками. Габариты большие, по звуку едва отличим от КБГ-МН. Разница заметна только, если сравнивать их между собой быстрым переключением. Выигрыш при этом на стороне JENSEN. Только вот цена... При сравнительном прослушивании конденсаторов одной марки сделано следующее наблюдение: конденсаторы 40–50-х годов звучат лучше, чем их собратья более позднего выпуска. Естественно, этот ряд субъективен. С данными одних

источников он совпадает, с другими разнится в некоторых пунктах. В любом случае - выбор за Вами.

В источнике питания для анодных цепей также использованы бумажно-масляные конденсаторы типа МБГО, в цепях выпрямителя накала – электролитические. Их марка не имеет принципиального значения. Для уменьшения габаритов никто не воспрещает использовать электролитические конденсаторы в анодных цепях, но, как говорил один персонаж из кинофильма «Напарник», это – не наш метод. В том смысле, что не для маститого аудиофила.

РЕЗИСТОРЫ

Всегда и везде в фонокорректорах, кроме цепей накала, используйте проволочные резисторы. Шумы только тепловые, надежность высочайшая, минимальное влияние на характер звучания. Предпочтительно использовать резисторы марок ПТМН, С5-5, С5-25, МРХ, металлопленочные С5-55, С5-56 и т.п. При отсутствии отечественных ставьте китайские. Безусловно, необходимо учитывать мощность резистора, особенно в анодных цепях.

ЛАМПЫ

Выбор ламп не ограничивается описываемыми в данной работе. Простор для эксперимента никто не загораживает. Оговоримся лишь, что нет смысла в блоке питания ставить иные, чем 6Ц5С и 6Ц4П, кенотроны так как обеспечиваемый ими ток и удобное напряжение их накала 6,3В делают их самыми предпочтительными.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Переключатели можно использовать любые: кнопочные, галетные, двух-, трехпозиционные тумблеры. Но наилучшее качество и доступность имеют галетные переключатели для аппаратуры связи и измерительных приборов типа ПМ, ПГК, ПЩ, ПЗ с соответствующим количеством направлений и положений. Например, ЗНЗП имеет три направления и три положения переключателя. Галетные переключатели удобны при монтаже, так как не требуется изготавливать посадочное место сложной формы, все отверстия круглые. Оригинально выглядят и имеют высокое качество исполнения галетные переключатели с рычажным управлением от осциллографов.



**Рычажный
переключатель**

РАЗДЕЛ 1

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ «Режим питания нарушать нельзя» (Пончик).

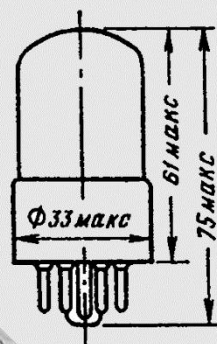
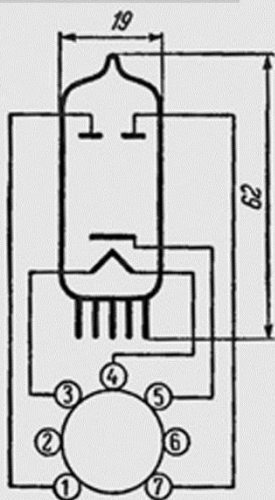
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В принципе, источник питания может быть каким угодно, лишь бы он обеспечивал необходимые напряжения и токи при отсутствии фона 50 и 100 Гц на выходе усилителя. Предпочтения мои выглядят так: сам источник выполнен в виде отдельного блока, соединяемого с усилителем кабелем длиной 1,2 – 1.5 метра; выпрямитель анодного напряжения кенотронный однополупериодный (в этом случае не надо бороться с фоном 100 Гц); фильтр питания: трехзвенный LC. Питание накала постоянным током. Выполнение этих условий позволяет гарантировано с минимальными трудовыми и материальными затратами собрать достойный блок питания. В некоторых случаях достаточно питать постоянным током накал только первого каскада. Питание накала переменным током с отводом средней токи накальной обмотки не всегда (и не у всех типов ламп) позволяет добиться устранения фона. Накал корректоров для МС-головок необходимо питать стабилизированным напряжением. Поэтому в книге будут описаны источники питания с выпрямлением тока накала ламп усилителя. Можно сделать и анодное питание стабилизированным. Для этого лучше собрать ламповый стабилизатор, т.к. полупроводниковые значительно сильнее шумят. Применение стабилизатора анодного напряжения существенно сказывается на характере звучания. Фонокорректор при применении стабилизатора

начинает звучать «ровнее, заглаженнее», при этом теряется «кураж». Это с точки зрения субъективных показателей. А с точки зрения измерений все показатели становятся чуть лучше. В ламповых стабилизаторах напряжения основной вклад в шумность вносят источники опорного напряжения на газовых стабилитронах. Применение высоковольтных интегральных микросхемных стабилизаторов типа LR8 и им подобных – вообще исключено. Во-первых, они обеспечивают небольшие токи стабилизации; во-вторых, шумят просто чудовищно. Если кому-то придет в голову бредовая мысль (она мне тоже приходила, и я ее даже реализовал) использовать такой стабилизатор для стабилизации напряжения второй сетки пентодов, отбросьте эту мысль сразу. Шумность каскада с такой стабилизацией возрастает на глазах, и красоты звучанию не прибавляет. Вообще, с точки зрения шумности и красоты звучания для фоновкорректора нет ничего лучше, чем питание второй сетки пентода классическим способом через гасящий резистор с конденсатором, фильтрующим пульсации. Кто не верит, может проверить. Форма и вид корпуса блока питания зависит только от фантазии и материальных средств автора. Конструктивно корпус источника питания можно сделать более плоским, если использовать не один трансформатор, а отдельные анодный и накальный трансформаторы. Перейдем к рассмотрению кенотронов.



КЕНОТРОНЫ



6Ц4П-ЕВ

1 — анод первого диода; 2 — не подключен; 3 — подогреватель; 4 — подогреватель; 5 — катод; 6 — не подключен; 7 — анод второго диода.

Основное назначение — выпрямление переменного тока.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

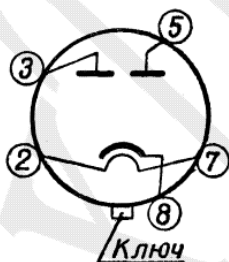
Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное.

Вес наибольший 40 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ

2 — подогреватель
3 — анод первый
5 — анод второй



7 — подогреватель
8 — катод

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$)	6,3 в
Ток накала	600 ± 60 ма
Выпрямленный ток \odot	не менее 70 ма
Сопротивление изоляции каждого анода . .	не менее 10 Мом
Долговечность (при годности 90%)	не менее 1000 ч
Критерий долговечности: выпрямленный ток \odot	не менее 60 ма

\odot При напряжении анода 400 в (эфф.), сопротивлении в цепи катода 5,7 ком, емкости в цепи катода 8 мкф.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$):	
наибольшее	6,9 в
наименьшее	5,7 в
Наибольшее обратное напряжение анода . .	1100 в
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем ($=$)	400 в
Время разогрева катода	15 сек

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 70° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре 20° С	95—98%
Вибропрочность	5 г
Виброустойчивость	2,5 г

Гарантийный срок хранения в складских условиях	4 года
--	--------

По ГОСТ 8528—66

Наибольшее напряжение накала (\sim или $=$)	7 в
Наибольший, выпрямленный ток	75 ма
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем при отрицательном потенциале подогревателя	450 в
Наименьшее фазовое сопротивление источника переменного напряжения	225 ом
Наибольшая температура баллона	120° С
Относительная влажность при температуре 40° С	95—98%
Вибропрочность	2,5 г

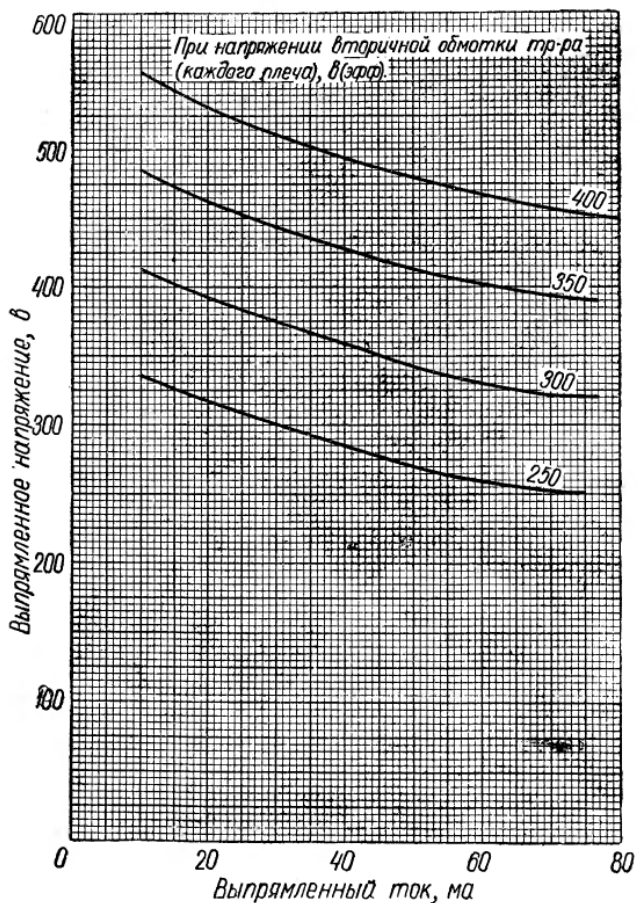
Примечание. Остальные данные такие же, как у 6Ц5С по СДЗ.348.009 ТУ.

УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

Напряжение накала 6,3 в

Емкость фильтра 8 мкф

Активное сопротивление в цепи каждого анода 300 ом



В новых разработках не применять

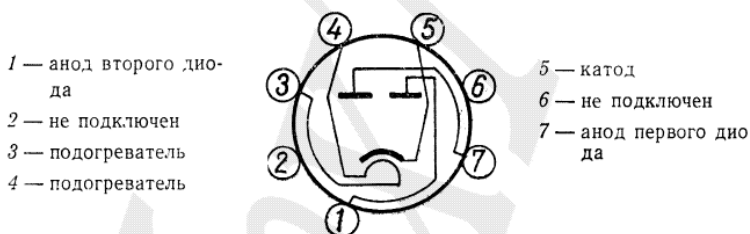
По ГОСТ 8347—66

Основное назначение — выпрямление переменного напряжения.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.
 Оформление — стеклянное миниатюрное.
 Вес наибольший 15 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$) 6,3 в
 Ток накала 600 ± 60 ма
 Выпрямленный ток \circ 75 ма
 Сопротивление изоляции катод-подогреватель не менее 2,7 Мом
 Долговечность (при годности 90%) не менее 1500 ч
 Критерий долговечности:
 сохранение вентильной прочности \circ

\circ При фазовом напряжении анода 350 в (эфф.), сопротивлении нагрузки 5,2 ком и емкости фильтра 8 мкф.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряженне накала (\sim или $=$)	
наибольшее	7 в
наименьшее	5,7 в
Наибольшая амплитуда обратного напряжения анода	1000 в
Наибольший выпрямленный ток	75 ма
Наибольшая амплитуда тока анода	300 ма
Наибольшее напряжение между катодом и по- догревателем ($=$):	
при положительном потенциале подогрева- теля	100 в
при отрицательном потенциале подогрева- теля	400 в
Наибольшая температура баллона	160°С

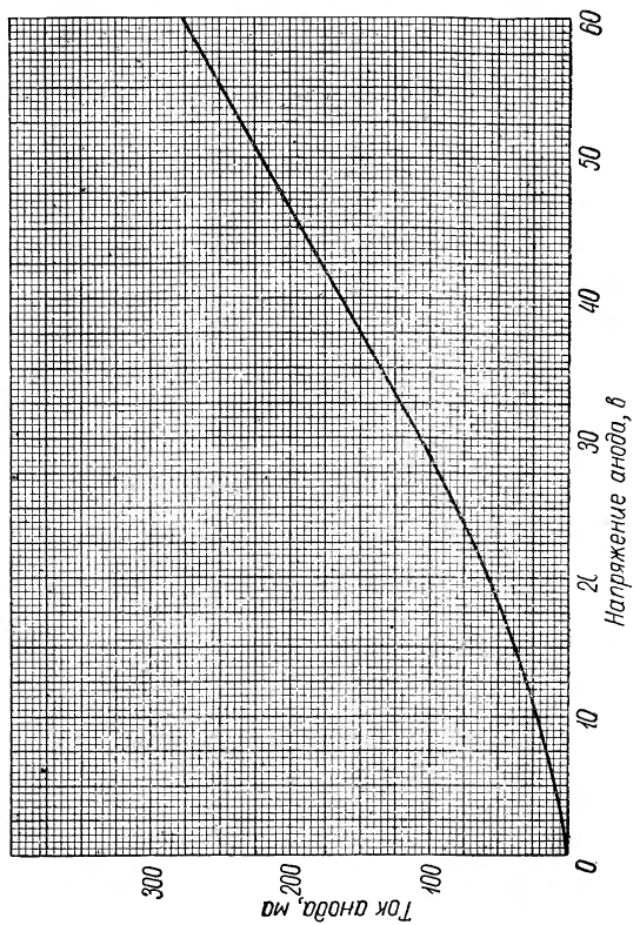
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 70°С
наименьшая	минус 60°С
Относительная влажность при температу- ре 40°С	95—98%
Вибропрочность	2,5 г
Виброустойчивость	2,5 г
Ударные нагрузки многократные	35 г

Гарантийный срок хранения в
складских условиях 4 года

УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в

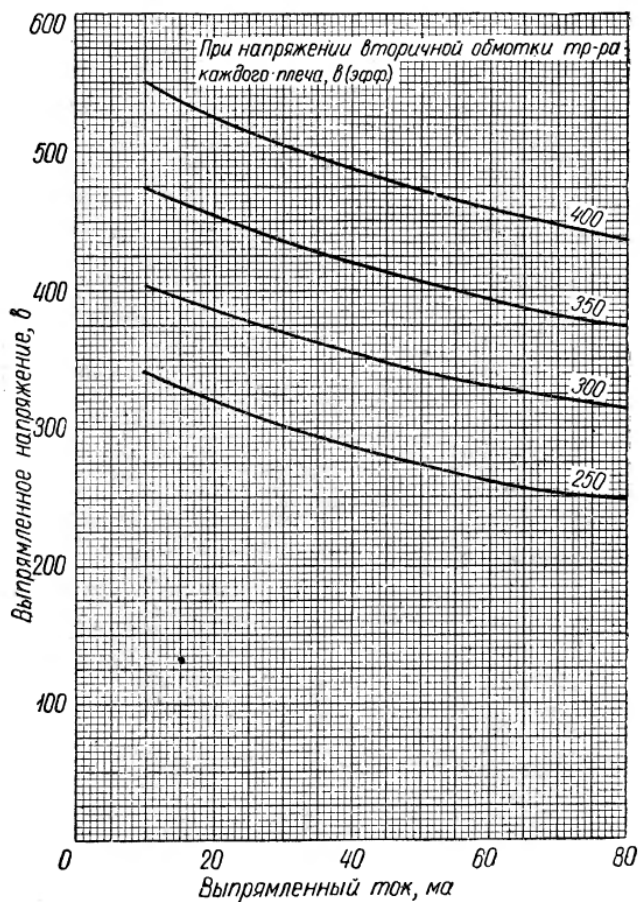


УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

Напряжение накала 6,3 в

Емкость фильтра 8 мкф

Активное сопротивление в цепи каждого анода 200 ом



Основное назначение — выпрямление переменного тока.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

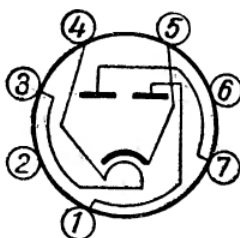
Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное миниатюрное.

Вес наибольший 15 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ СО ШТЫРЬКАМИ

- 1 — анод первого диода
- 2 — не подключен
- 3 — подогреватель
- 4 — подогреватель



- 5 — катод
- 6 — не подключен
- 7 — анод второго диода

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$)	6,3 в
Ток накала	450 ± 45 ма
Напряжение анода при токе анода 150 ма (для каждого диода)	не более 50 в
Вентильная прочность при выпрямленном токе не менее 72 ма *	
Долговечность	
при температуре окружающей среды 125° С	
при годности 98%	500 ч
при нормальной температуре	
при годности 98%	1000 ч
при годности 90%	5000 ч

Критерий долговечности:

сохранение вентильной прочности при выпрямленном токе не менее 68 ма*.

* При переменном напряжении вторичной обмотки трансформатора 2×350 в (эфф.), сопротивлении нагрузки 5,2 ком, емкости фильтра 8 мкф.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

	При долговечности	
	500 ч	5000 ч
Напряжение накала (~ или =) в:		
наибольшее	7	6,6
наименьшее	5,7	6
Наибольшая амплитуда обратного напряжения анода, в	1000	900
Наибольший выпрямленный ток, ма	75	75
Наибольшая амплитуда тока анода, ма	300	250
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем (=), в:		
при положительном потенциале подогревателя	200	90
при отрицательном потенциале подогревателя	400	400
Наименьшее защитное сопротивление в цепи анода, ом	300	300
Наибольшая температура баллона, °С	190	150
Время готовности	30 сек	

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 125° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре 40° С	95—98%
Давление окружающей среды:	
наибольшее	3 атм
наименьшее	5 мм рт. ст.
Линейные нагрузки	100 г
Вибропрочность:	
диапазон частот	5—600 гц
ускорение	10 г

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №1

Технические характеристики источника:

Напряжение анодных цепей 250 В

Ток по цепи питания анодов до 70 мА

Напряжение питания накала постоянное 6,3 В

Ток цепей накала до 2,5 А

**Примечание: ток накала ограничен возможностями
накальной обмотки силового трансформатора.**

Основой блока питания является трансформатор. Можно, конечно, потрудиться и намотать трансформатор самому, предварительно рассчитав его параметры. Но иногда надо и облегчить себе бремя трудозатрат. Исходя из этих данных, выбираем готовый промышленный трансформатор. Для бюджетного (или на скорую руку) вполне подходит достаточно широко распространенный на просторах нашей Великой Родины ТСШ-170. Он весьма габаритный, зато вы никогда не будете задумываться о том, хватит ли мощности обмоток трансформатора для питания той или иной конструкции. Особенно для накала. Ниже приведены справочные данные на ТСШ-170.

Однофазные низковольтные трансформаторы питания типа ТСШ-170 применяются в устройствах электропитания телевизионных приемников черно-белого изображения УЛТ-40, УЛТ-47-Ш и УЛТ-50-Ш. Трансформаторы ТСШ-170 изготавливаются на броневых шихтованных магнитопроводах Ш30х60.

Первичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
1-3	127	0,6
1-2-5-6	220	0,35
4-6	127	0,6
Вторичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	74	0,4
9-10	127	0,6
11-12	6,35	3,2
13-14	6,35	0,3

Электрические параметры трансформатора ТСШ-170

Трансформаторы ТСШ-170 рассчитаны на подключение к сети переменного тока напряжением 110, 127, 220 или 237 В с частотой 50 Гц. Допускаемые отклонения напряжения и частоты сети питания не превышают значений, установленных государственными стандартами, и лежат в пределах ± 5 и $0,1$ % соответственно. Сопротивление изоляции между обмотками, а также между обмотками и металлическими частями трансформатора в нормальных условиях эксплуатации не менее 100 МОм. Сопротивление изоляции обмоток трансформатора при повышенной влажности и температуре снижается до 10 МОм. При этом изменение основных электрических параметров не превышает ± 10 %, измеренных до воздействия всех внешних факторов, указанных в условиях эксплуатации.

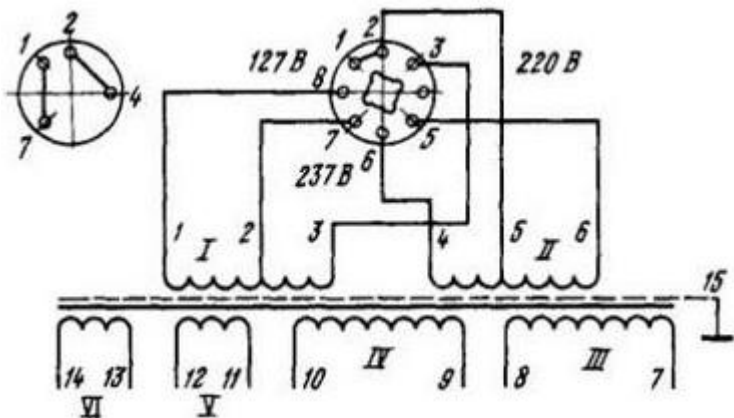


Рис.8. Принципиальная схема трансформатора типа ТСШ-170.

В блоке питания можно использовать любой из двух кенотронов 6Ц5С или 6Ц4П. При этом надо учитывать, что при равенстве электрических параметров лампы конструктивно отличаются. 6Ц5С имеет октальный цоколь, а 6Ц4П пальчиковая семиштырьковая лампа. С точки зрения звучания 6Ц4П лучше, особенно в варианте с маркировкой буквой Е (повышенной надежности).

Аноды кенотрона соединяются между собой и соединяются с выводом 7 трансформатора. Типы используемых дросселей и конденсаторов указаны на принципиальной схеме рис.9. В качестве дросселей можно использовать трансформаторы ТВЗ-Ш, ТВ-2Ш, ТВК110-ЛМ и т. п., или самодельные. Диодный мост – любой, обеспечивающий средний ток не менее 5 А. Цепочка $R_c C_c$ необходима для устранения щелчка в АС при выключении питания. Так как напряжения накальной обмотки трансформатора ТСШ-170

недостаточно для стабильной работы интегрального стабилизатора, для подгонки напряжения накала корректора применяется резистор R1. Лучше взять проволочный резистор, его сопротивление вычисляется/подбирается с учетом того, какой ток потребления будет у цепи накала корректора. При этом, поскольку ток может оказаться значительным, нужно учитывать сопротивление межблочного кабеля. Иногда случается, что этого сопротивления достаточно. Тогда резистор R1 не нужен. Сопротивление R1 вычисляется по формуле:

$$R1 = (U_{vd} - 6.3) / I_n,$$

где I_n – ток накала, U_{vd} – напряжение накала после выпрямления под нагрузкой равной I_n .

Если не лень, и есть в наличии мощный подстроечный резистор типа ПЭВР сопротивлением 2 Ома, то можно установить его и, двигая плунжер от максимального сопротивления в сторону его уменьшения, установить необходимое напряжение накала.

Конденсаторы C6, C7 – любые электролитические. Минус цепи накала в блоке питания не соединяют с минусом анодного напряжения. Их соединение производят непосредственно в корпусе фоновкорректора. Делается это с целью избегания появления фона.

Вместо ТСШ-170 можно применить унифицированный трансформатор ТАН29-127/220-50. См. рис. 10.

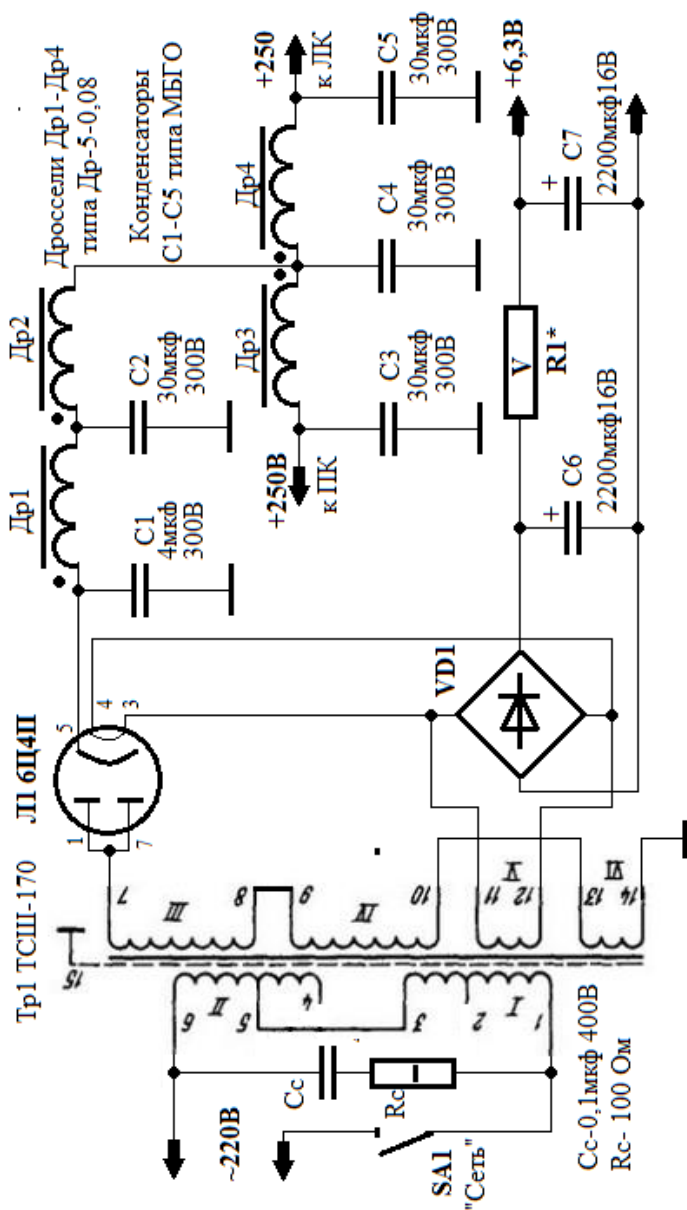
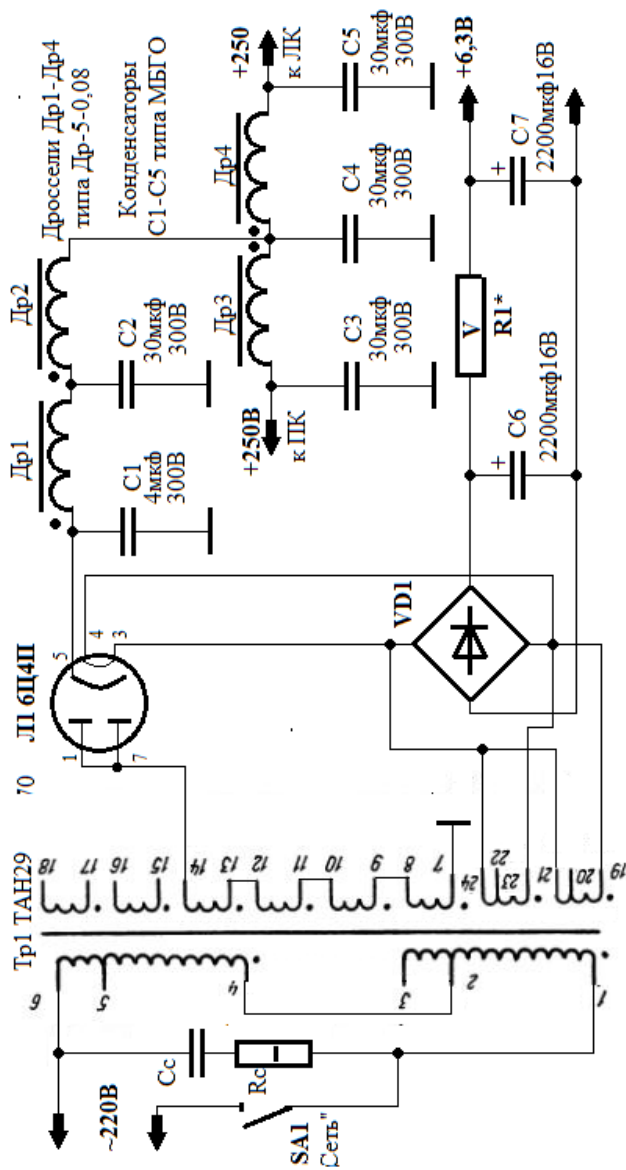


Рис.9. Принципиальная схема БП №1.



Вариант БП №1 с трансформатором ТАН29

Рис.10

Трансформатор ТАН29-127/220-50

Сердечник: ШЛ20х32.

Масса 1,7 кг.

Мощность 60 Вт.

Ток первичной обмотки 0,6/0,35 А.

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	56	0,175
9-10	56	0,175
11-12	56	0,145
13-14	56	0,145
15-16	12,6	0,175
17-18	12,6	0,175
19-20(21)	5(6,3)	1,6
22-23(24)	5(6,3)	1,6

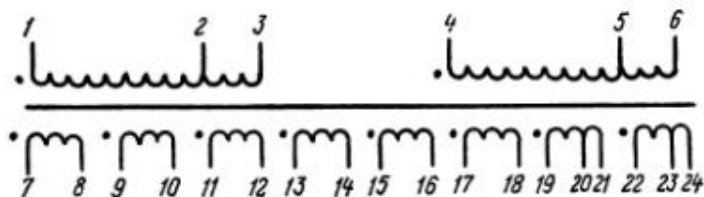
Электрические параметры трансформаторов ТАН29-127/220-50 и ТАН29-220-50

Трансформаторы ТАН29 на 220В выпускаются, начиная с 1979 г. (обозначаются как **ТАН29-220-50**), они имеют одну первичную обмотку и такую же нумерацию выводов, как у трансформаторов на 127/220 В.

Электрические параметры, габаритные и установочные размеры, а также масса трансформаторов ТАН29 на 220 В такие же, как у соответствующих трансформаторов ТАН29 на 127/220 В.

Напряжение на отводах первичных обмоток трансформаторов ТАН29 на 127/220 В:

- между выводами 1 и 2, 4 и 5 - 110 В;
- между выводами 2 и 3, 5 и 6 - 7 В.



Принципиальная схема трансформатора ТАН29-127/220-50

При использовании трансформаторов ТАН29-127/220 на 127 В необходимо:

- соединить выводы 1 и 4, 3 и 6, при этом первичные обмотки 1-3 и 4-6 соединяются параллельно;
- подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3 или 4 и 6.

При использовании трансформаторов ТАН29-127/220 на 220 В необходимо:

- соединить выводы 2 и 4;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.

В трансформаторах ТАН29 возможно последовательное и параллельное согласное соединение вторичных обмоток. Накальные обмотки можно соединять параллельно для увеличения тока накала.

Анодные обмотки можно соединять последовательно для получения необходимого выходного напряжения, а также параллельно для увеличения нагрузочной способности обмоток. При последовательном соединении обмоток с разными допустимыми токами нагрузочный ток не должен превышать минимального допустимого. Параллельное соединение может осуществляться тех анодных обмоток, на зажимах которых напряжение одинаковое.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №2

На трансформаторе ТАН30 можно собрать источник питания с переключаемыми анодным напряжением +250/300В и напряжением накала 6.3/12 В, который перекрывает практически весь диапазон токов и напряжений, необходимых при проектировании фонокорректоров. Принципиальная схема, габаритные размеры, мощность и способы включения трансформатора ТАН30 идентичны с трансформатором ТАН29. Отличаются лишь напряжения и токи вторичных обмоток.

Технические характеристики источника:

Напряжение анодных цепей 250, 300В

Ток по цепи питания анодов до 70 мА

Напряжение питания накала = 6,3 или 12 В

**Ток цепей накала до 1А при 12 В
2,5А при 6,3 В**

Принципиальная схема блока питания представлена на рис.11. Подстроечный резистор R2 лучше взять проволочный мощностью не менее 5 Вт. Он необходим для точной постройки напряжения питания анодных цепей. При работе корректора на активном сопротивлении вторичной обмотки, внутреннем сопротивлении кенотрона и суммарном сопротивлении дросселей и резистора R2 будет падать напряжение.

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	80	0,1
9-10	80	0,1
11-12	56	0,15
13-14	56	0,15
15-16	24	0,15
17-18	24	0,15
19-20(21)	5(6,3)	1,6
22-23(24)	5(6,3)	1,6

***Электрические параметры трансформаторов
ТАН30-127/220-50 и ТАН30-220-50***

Сопротивление кенотрона и первичной обмотки от нас не зависит. Сопротивление дросселей зависит от их марки, то есть величина достаточно вариативная. Ток, потребляемый корректором, зависит от его схемотехники. Поэтому резистор R2 оказывается весьма полезным, позволяя регулировать напряжение в пределах 0–50 В при сопротивлении в 1 кОм.

Если не нужна универсальность по тому или иному параметру, или по обоим сразу, тогда тот или иной (или оба) переключатели SA1 и SA2 не устанавливаются, а соединения делаются в соответствии с необходимыми параметрами блока питания.

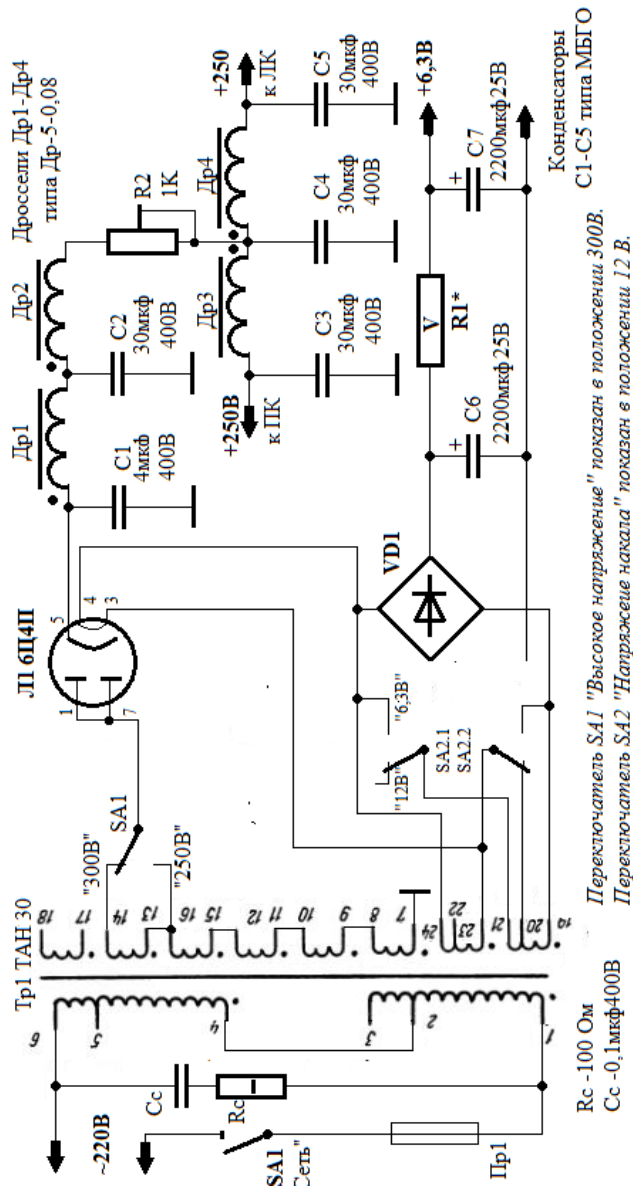


Рис.11

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №3

Источник предназначен для питания фонокорректоров, собранных на лампах 12Ж1Л (4Ж1Л). Описание и схема которых будут предоставлены в разделе про лампу 12Ж1Л. Поскольку лампы 12Ж1Л и 4Ж1Л взаимозаменяемы, различаются только по напряжению накала, предусмотрен переключатель напряжения питания накала 4 или 12 Вольт.

Технические характеристики источника:

Напряжение анодных цепей 300 В

Ток по цепи питания анодов до 70 мА

Напряжение питания накала = 4.2 или 12 В

**Ток цепей накала до 450мА при 12 В
1А при 4.2В**

Исходя из этих данных, выбираем готовый промышленный трансформатор. Вполне подходит достаточно широко распространенный на просторах нашей Великой Родины ТАН16-127/220-50. Главное, чтобы высоковольтная обмотка имела 270–280 вольт переменного напряжения. Справочные данные на ТАН16-127/220-50 будут приведены ниже.

Трансформаторы ТАН16 на 220В выпускаются, начиная с 1979 г., они имеют одну первичную обмотку и такую же нумерацию выводов, как у ТАН16-127/220-50.

Провод, используемый в кабеле, соединяющем фонокорректор с источником питания, типа МГТФ. Для получения 270 вольт переменного напряжения на силовом трансформаторе соединяются перемычками выводы 8 и 9, 10 и 11, 12 и 13. Напряжение 272 Вольта снимается с выводов 7 и 14. В качестве дросселей питания можно использовать первичные обмотки трансформаторов ТВЗ1-9, ТВЗ-Ш и ТВК-90, ТВК-110 и т.п. Причем никакой переделки этих трансформаторов не требуется. Существуют промышленные унифицированные дроссели индуктивностью не менее 5 Генри. Например, Д7, Д40 и т.д. Главное, чтобы дроссели Др3 и Др4 (см. схему) были одинаковыми.

Переключение напряжения накала ламп корректора производится двухсекционным переключателем SA1. Одна секция переключает переменное напряжение 6.3–12.6 В, вторая изменяет сопротивление в цепи регулирования микросхемного стабилизатора. Благодаря такому решению облегчается тепловой режим стабилизатора. Микросхему стабилизатора необходимо установить на радиатор, либо использовать в качестве такового корпус блока питания, если он металлический.

При желании можно ввести трехпозиционный переключатель напряжения накала, обеспечив тем самым режим работы по накалу 6,3В/1А. Таким образом получим достаточно универсальный блок питания.

Трансформатор ТАН16-127/220-50

Сердечник: ШЛ20х25.

Масса 1,45 кг.

Мощность 50 Вт.

Ток первичной обмотки 0,5/0,29 А.

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	80	0,09
9-10	80	0,09
11-12	56	0,15
13-14	56	0,15
15-16	24	0,15
17-18	24	0,15
19-20(21)	5(6,3)	1,05
22-23(24)	5(6,3)	1,05

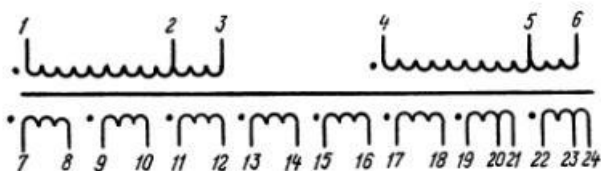
Электрические параметры трансформаторов ТАН16-127/220-50 и ТАН16-220-50

Напряжение на отводах первичных обмоток трансформаторов ТАН16 на 127/220 В:

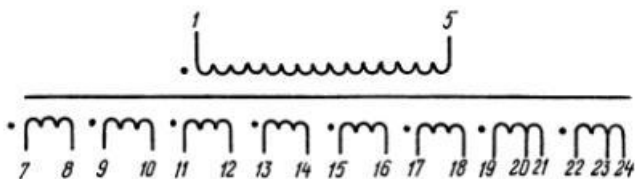
- между выводами 1 и 2, 4 и 5 - 110 В;
- между выводами 2 и 3, 5 и 6 - 7 В.

При использовании трансформаторов ТАН16-127/220 на 127 В необходимо:

- соединить выводы 1 и 4, 3 и 6, при этом первичные обмотки 1-3 и 4-6 соединяются параллельно;
- подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3 или 4 и 6.



Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН16 на 50 Гц, 127/220 В



Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН16 на 50Гц, 220 В

При использовании трансформаторов ТАН16-127/220 на 220 В необходимо:

- соединить выводы 2 и 4;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.

В трансформаторах ТАН16 возможно последовательное и параллельное согласное соединение вторичных обмоток. Накальные обмотки можно соединять параллельно для увеличения тока накала. Анодные обмотки можно соединять последовательно для получения необходимого выходного напряжения, а также параллельно для увеличения нагрузочной способности обмоток.

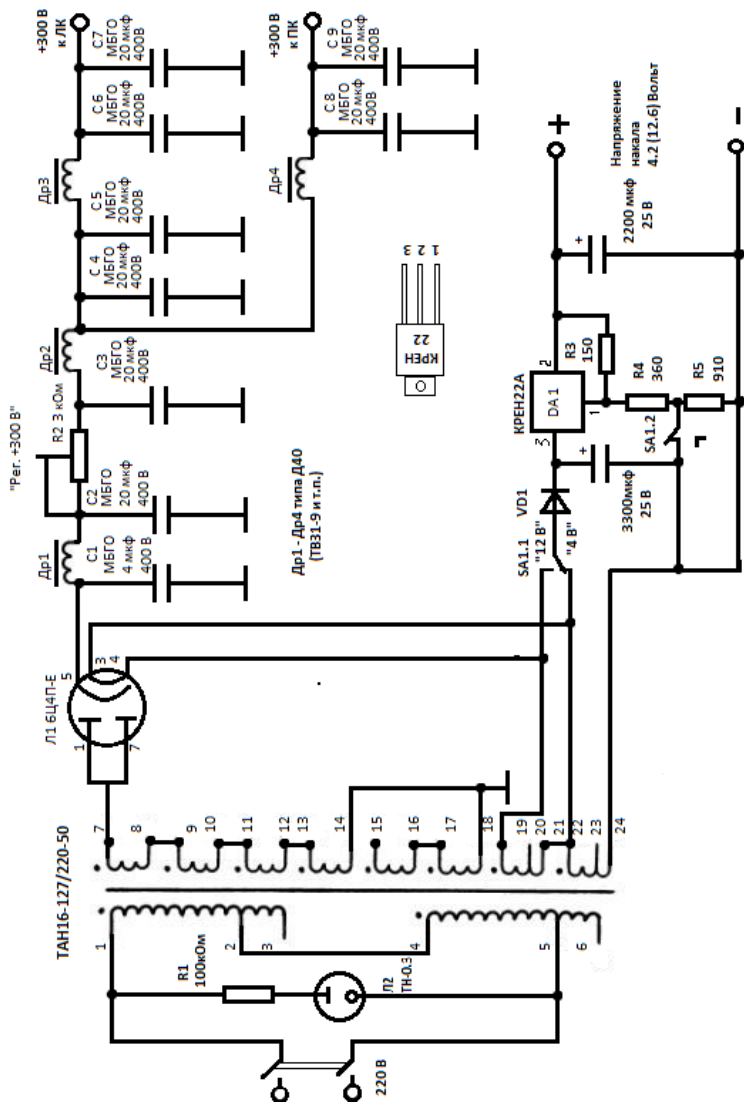


Рис. 12. Принципиальная схема источника питания фонокорректора на лампах 4Ж1Л(12Ж1Л)

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №4

Технические характеристики источника:

Напряжение анодных цепей 400 В
Ток по цепи питания анодов до 70 мА
Напряжение питания накала 6,3 В
Ток цепей накала 2.5А

Блок питания с таким анодным напряжением необходим для устройств на октальных лампах. БП №4 ничем особо не отличается от других, но, поскольку его выходное напряжение составляет 400В, придется ставить конденсаторы с рабочим напряжением не менее 450 В. Трансформатор используется унифицированный ТАН31-127/220-50. Электрическая схема его такая же как у всех трансформаторов этой серии. Поэтому ниже показана таблица напряжений и токов только вторичных обмоток. Принципиальная схема блока питания №4 приведена на рис. №13.

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	80	0,1
9-10	80	0,1
11-12	80	0,1
13-14	80	0,1
15-16	20	0,12
17-18	20	0,12
19-20(21)	5(6,3)	1,6
22-23(24)	5(6,3)	1,6

Таб.1. Электрические параметры трансформатора ТАН31-127/220-50 и ТАН31-220-50

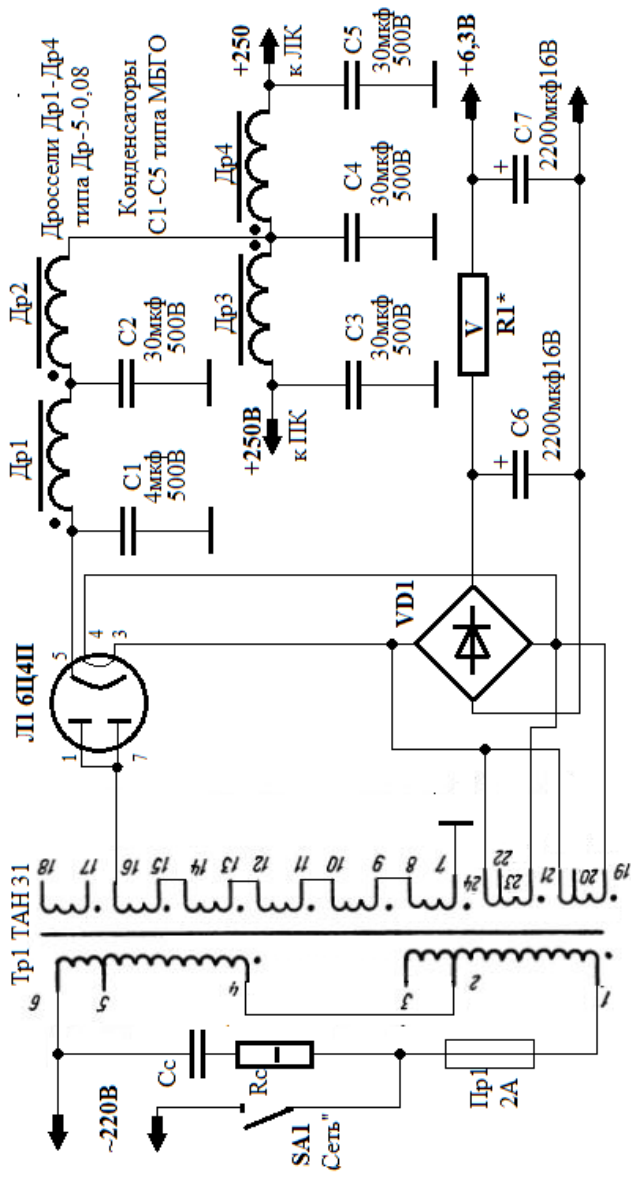
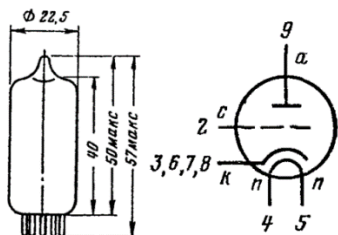


Рис.13

РАЗДЕЛ 2
КОНСТРУКЦИИ НА
ВАКУУМНЫХ ТРИОДАХ

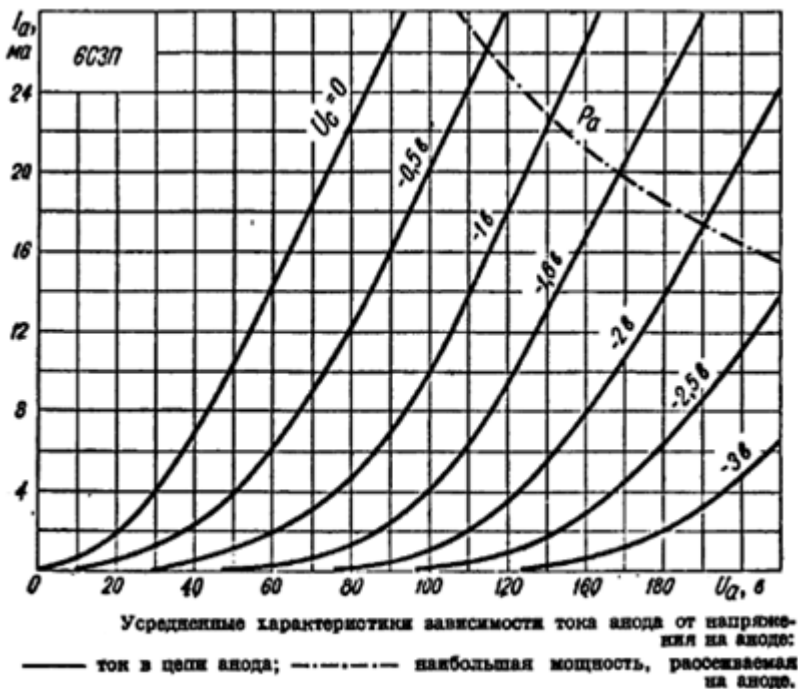
6С3П

триод высокой частоты с низким уровнем внутриламповых шумов



Предназначен для усиления напряжении высокой частоты только в первых каскадах (в т.ч. в схемах с заземленным катодом) во входных и широкополосных усилителях. Оформление—в стеклянной оболочке, миниатюрное. Масса 15 г.

Выводы: 3,6,7,8-катод; 2-сетка; 9-анод; 4,5-подогреватель.



Основные технические характеристики 6СЗП

Номинальные электрические данные:

Напряжение накала	6,3 ± 0,6 В
Ток накала	300 ± 25 мА
Напряжение анода номинальное.....	150 В
Ток анода	16 ± 4 мА
Напряжение отсечки электронного тока сетки	не более -1,1 В
Обратный ток сетки	0,3 мкА
Крутизна характеристики	19,5 ± 4,5 мА/В
Коэффициент усиления	50 ± 15
Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов	170 Ом
Сопротивление в цепи катода для автоматического смещения	100 Ом
Емкость входная	6,7 ± 1,1 пФ
Емкость выходная	1,65 ± 0,2 пФ
Емкость проходная	не более 2,4 пФ
Емкость катод-подогреватель	не более 7 пФ
Долговечность не менее.....	1000 ч.

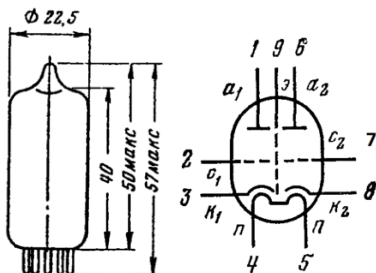
Предельно допустимые электрические величины:

Напряжение анода.....	160 В
Ток катода	35 мА
Мощность, рассеиваемая анодом,	3 Вт
Сопротивление в цепи сетки предельное	1 МОм
Напряжение между катодом и подогревателем предельное	±100 В

Лампа обладает хорошим звучанием. Может потребоваться подбор по минимальному микрофонному эффекту. Полный электрический аналог: 6С4П (отличается по цоколевке). Прямая замена возможна при использовании контактов панелек – 2, 3, 4, 5, 9. Существует мнение, что, являясь электрическими аналогами, лампы 6СЗП и 6С4П имеют разный характер влияния на звук.

6Н1П

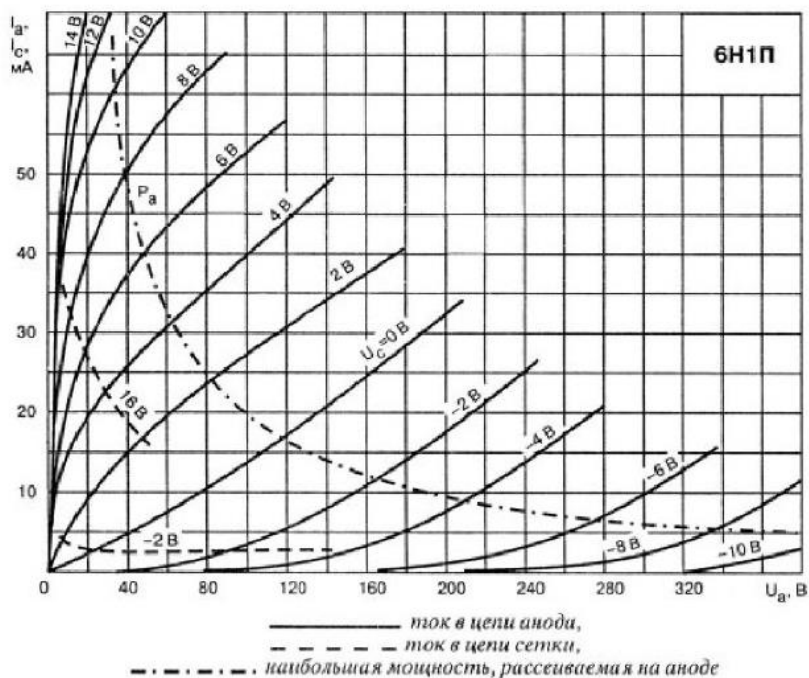
двойной триод с отдельными катодами



Триоды двойные для усиления напряжения низкой частоты. Оформление — в стеклянной оболочке, миниатюрные. Масса 15 г.

Выводы: 1- анод 1-го триода; 2-сетка 1-го триода; 3-катод 1-го триода; 4,5-подогреватель; 6-анод 2-го триода; 7-сетка 2-го триода; 8 катод 2-го триода; 9-экран.

Лампа обладает хорошим, достаточно нейтральным звучанием и малым микрофонным эффектом.



Основные технические характеристики 6Н1П

Номинальные электрические данные:

Напряжение накала	6,3 ± 0,6 В
Ток накала	600 ± 50 мА
Напряжение анода номинальное (постоянное)	250 В
Ток анода каждого триода	7,5 ± 1,5 мА
Обратный ток сетки	0,5 мкА
Крутизна характеристики каждого триода	4,45 ± 0,65 мА/В
Коэффициент усиления каждого триода	35 ± 7
Внутреннее сопротивление	11 кОм
Сопротивление в цепи каждого катода для автоматического смещения	600 Ом
Емкость входная каждого триода	3,1 ± 1,1 пФ
Емкость выходная первого триода	1,75 ± 0,35 пФ
Емкость выходная второго триода	1,95 ± 0,35 пФ
Емкость проходная каждого триода	не более 2,2 пФ
Емкость между анодами	не более 0,2 пФ
Долговечность не менее	1000 ч

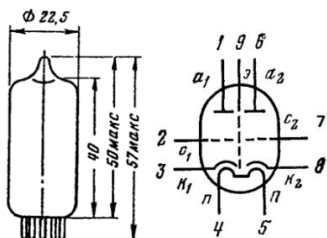
Предельно допустимые электрические величины:

Напряжение анода предельное (постоянное)	300 В
Ток катода каждого триода предельный	25 мА
Напряжение между катодом и подогревателем предельное (указан потенциал подогревателя)	-250 В, +100 В
Мощность, рассеиваемая каждым анодом, предельная	2,2 Вт
Сопротивление в цепи сетки предельное	1 МОм



Очень редко, но встречаются лампы 6Н1П с коробчатыми анодами. Какого-либо существенного отличия по характеру звучания от ламп обычного исполнения у них замечено не было. Слева 6Н1П обычного исполнения, справа – скоробчатым анодом.

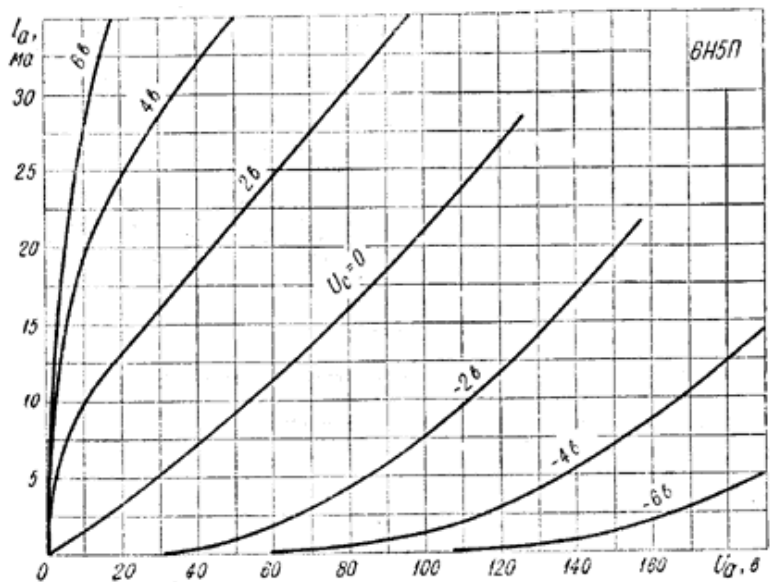
6Н5П двойной триод с отдельными катодами



Триод двойной для усиления напряжения высокой частоты в схемах мгновенной АРУ. Оформление — пальчиковое с пуговичным дном, миниатюрное. Масса 15 г.

Выводы: 1- анод 1-го триода; 2-сетка 1-го триода; 3-катод 1-го триода; 4,5-подогреватель; 6-анод 2-го триода; 7-сетка 2-го триода; 8 катод 2-го триода; 9-экр.

Лампа обладает великолепным звучанием, схожим с E80CC. Имеет малый уровень микрофонного эффекта.



Усредненные характеристики зависимости тока анода от напряжения на аноде.

Основные технические характеристики 6Н5П

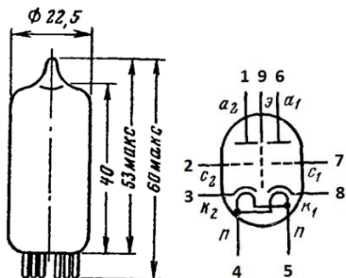
Номинальные электрические данные:

Напряжение накала	6,3 ± 0,6 В
Ток накала	600 ± 50 мА
Напряжение анода номинальное	200 В
Ток анода каждого триода	не менее 8 мА
Обратный ток сетки первого триода	1 мкА
Крутизна характеристики каждого триода	4,2 ± 0,7 мА/В
Коэффициент усиления каждого триода	27
Сопротивление в цепи каждого катода для автоматического смещения	600 Ом
Емкость входная каждого триода	3 пФ
Емкость выходная первого триода	1,5 пФ
Емкость выходная второго триода	1,7 пФ
Емкость проходная каждого триода	2,25 пФ
Емкость между анодами	не более 0,2 пФ
Долговечность не менее	500 ч

Предельно допустимые электрические величины:

Напряжение анода предельное (постоянное)	300 В
Напряжение между катодом и подогревателем предельное (постоянное)	± 250 В
Ток катода каждого триода предельный	25 мА
Мощность, рассеиваемая каждым анодом, предельная	2,2 Вт
Сопротивление в цепи сетки предельное	1 МОм

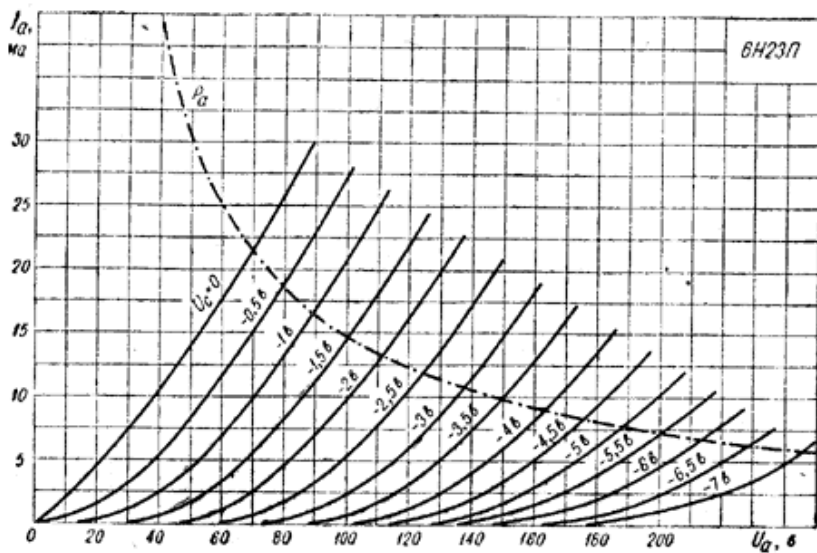
6Н23П двойной универсальный триод



Триоды двойные для широкополосного усиления напряжения высокой частоты, маломощного усиления и генерирования импульсов. Оформление—пальчиковое с пуговичным дном. Масса 16 г.

Выводы: 1- анод 1-го триода; 2-сетка 1-го триода; 3-катод 1-го триода; 4,5-подогреватель; 6-анод 2-го триода; 7-сетка 2-го триода; 8-катод 2-го триода; 9-экран.

Отзывы на лампу неоднозначны. Характер звучания очень сильно зависит от исполнения и производителя.



Усредненные характеристики зависимости тока анода от напряжения на аноде:
 — ток в цепи анода; - - - - наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде.

Основные технические характеристики 6Н23П

Номинальные электрические данные:

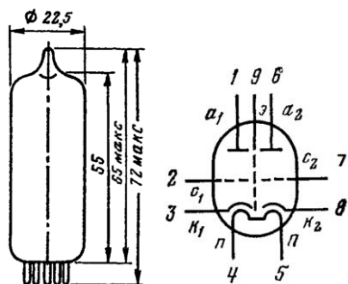
Напряжение накала	6,3 ± 0,6 В
Ток накала	310 ± 25 мА
Напряжение анода номинальное (постоянное)	100 В
Ток анода каждого триода	15 мА
Крутизна характеристики каждого триода	12,7 мА/В
Коэффициент усиления каждого триода.....	34 ± 9
Входное сопротивление на частоте 200 МГц	500 Ом
Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов	300 Ом
Сопротивление в цепи катода для автоматического смещения	680 Ом
Емкость входная каждого триода	3,6 пФ
Емкость выходная первого триода	2,1 пФ
Емкость выходная второго триода	1,9 пФ
Емкость проходная каждого триода	1,5 пФ
Емкость анод - катод каждого триода	0,18 пФ
Емкость между анодами	не более 0,06 пФ
Емкость между сетками	не более 0,005 пФ
Долговечность не менее	1000 ч.

Предельно допустимые электрические величины:

Напряжение анода предельное (постоянное)	300 В
Напряжение между катодом и подогревателем предельное (постоянное)	± 250 В
Ток катода предельный	20 мА
Мощность, рассеиваемая анодом, предельная	1,8 Вт
Мощность, рассеиваемая сеткой, предельная	0,03 Вт
Сопротивление в цепи сетки предельное	1 МОм

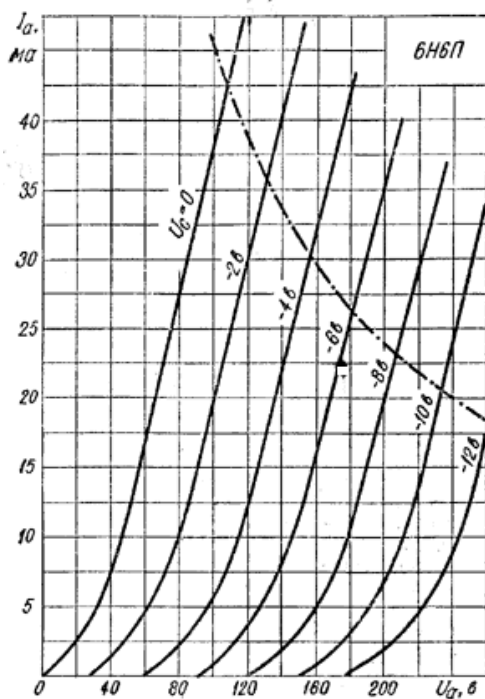
6Н6П

двойной триод с отдельными катодами



Триод двойной для усиления мощности низкой частоты. Может быть использован в импульсных схемах. Катод оксидный косвенного накала. Работает в любом положении. Оформление — пальчиковое с пуговичным дном. Масса 20 г.

Выводы: 1- анод 1-го триода; 2-сетка 1-го триода; 3-катод 1-го триода; 4,5-подогреватель; 6-анод 2-го триода; 7-сетка 2-го триода; 8-катод 2-го триода; 9-экран.



Усредненные характеристики зависимости тока анода от напряжения на аноде.

Основные технические характеристики 6Н6П

Номинальные электрические данные:

Напряжение накала	$6,3 \pm 0,6$ В
Ток накала	750 ± 60 мА
Напряжение анода номинальное (постоянное)	120 В
Ток анода каждого триода	30 ± 10 мА
Напряжение сетки (постоянное)	-2 В
Обратный ток сетки каждого триода	не более 0,5 мкА
Крутизна характеристики каждого триода	$11 \pm 2,9$ мА/В
Коэффициент усиления каждого триода	20 ± 4
Емкость входная каждого триода	$4,4 \pm 0,7$ пФ
Емкость выходная первого триода	$1,65 \pm 0,25$ пФ
Емкость выходная второго триода	$1,8 \pm 0,3$ пФ
Емкость проходная каждого триода	не более 3,5 пФ
Долговечность	не менее 500 ч

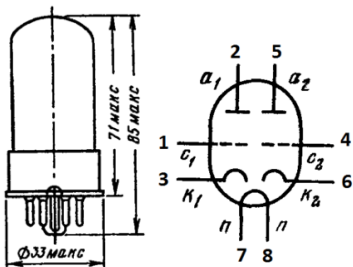
Предельно допустимые электрические величины:

Напряжение анода предельное (постоянное)	300 В
Напряжение между катодом и подогревателем предельное (постоянное)	± 200 В
Ток катода каждого триода предельный	45 мА
Мощность, рассеиваемая каждым анодом, предельная	4,8 Вт
Мощность, рассеиваемая двумя анодами, предельная	8 Вт
Сопротивление в цепи сетки предельное	1 МОм

Одна из лучших ламп для драйверных и выходных каскадов фонокорректоров. По звучанию похожа на 6С4С. Микрофонный эффект минимален. Применение ее в выходном каскаде фонокорректора увеличивает динамический диапазон, так как смещение на первой сетке даже при 120 вольтах на аноде составляет не менее 4 вольт, а при 150 — 6 вольт.

6Н8С

двойной триод с отдельными катодами

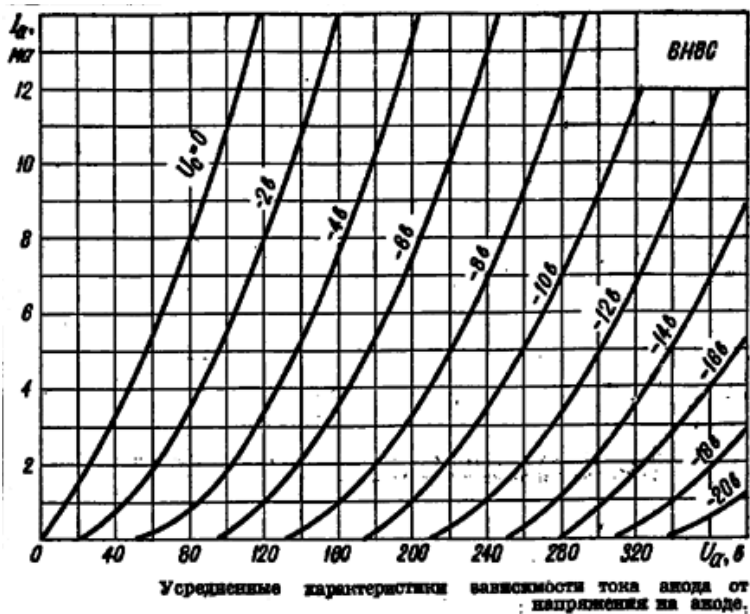


Триод двойной для усиления напряжения низкой частоты.

Применяется в предварительных каскадах усиления и фазоинверторах. Оформление – стеклянное, Цоколь с октальный восьмипырьковый. Масса 50 г.

Выводы: 1- сетка 1-го триода; 2- анод 1-го триода; 3-катод 1-го триода; 4,5-подогреватель; 6-анод 2-го триода; 7-сетка 2-го триода; 8 катод 2-го триода; 9-экран.

В среде аудиофилов высоко ценятся лампы производства МЭЛЗ с металлической юбкой цоколя.



Основные технические характеристики 6Н8С

Номинальные электрические данные:

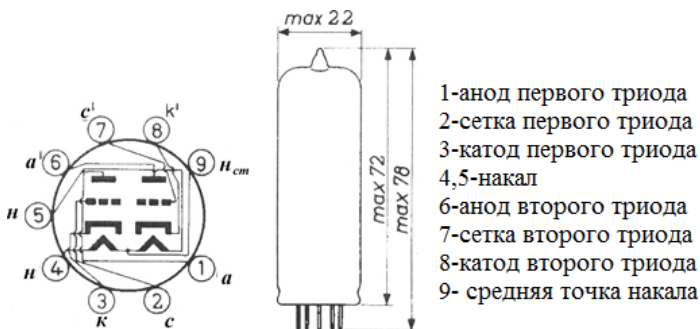
Напряжение накала	6,3 ± 0,7 В
Ток накала	600 ± 50 мА
Напряжение анода номинальное.....	250 В
Ток анода каждого триода	9±3,5
Напряжение смещения	-8 В
Обратный ток сетки первого триода	1 мкА
Крутизна характеристики каждого триода	2,6 ± 0,65 мА/В
Внутреннее сопротивление.....	7700 Ом
Коэффициент усиления каждого триода	20,5±2,5
Емкость входная каждого триода	3 пФ
Емкость выходная первого триода	1,2 пФ
Емкость выходная второго триода	0,8 пФ
Емкость проходная каждого триода	3,8 пФ
Емкость между анодами	не более 0,2 пФ
Долговечность не менее	500 ч

Предельно допустимые электрические величины:

Напряжение анода предельное (постоянное)	330 В
Напряжение между катодом и подогревателем предельное (постоянное)	± 100 В
Ток катода каждого триода предельный	20 мА
Мощность, рассеиваемая каждым анодом, предельная	2,7 Вт
Сопротивление в цепи сетки предельное	0,5 Мом

Лампы 6Н8С выпускались множеством заводов. Характер звучания ламп может сильно отличаться от года выпуска лампы и производителя. Из отечественных производителей предпочтение следует отдавать лампам производства МЭЛЗ. Из зарубежных аналогов – лампам производства США. Зарубежные аналоги 6Н8С: 6SN7GT, B65, ECC32, 6CC10, 13D2, 5692, 6180. По дате выпуска следует выбирать лампы, как отечественные, так и зарубежные, произведенные в 40-х – 50-х годах XX века.

E80CC Двойной триод с отдельными катодами

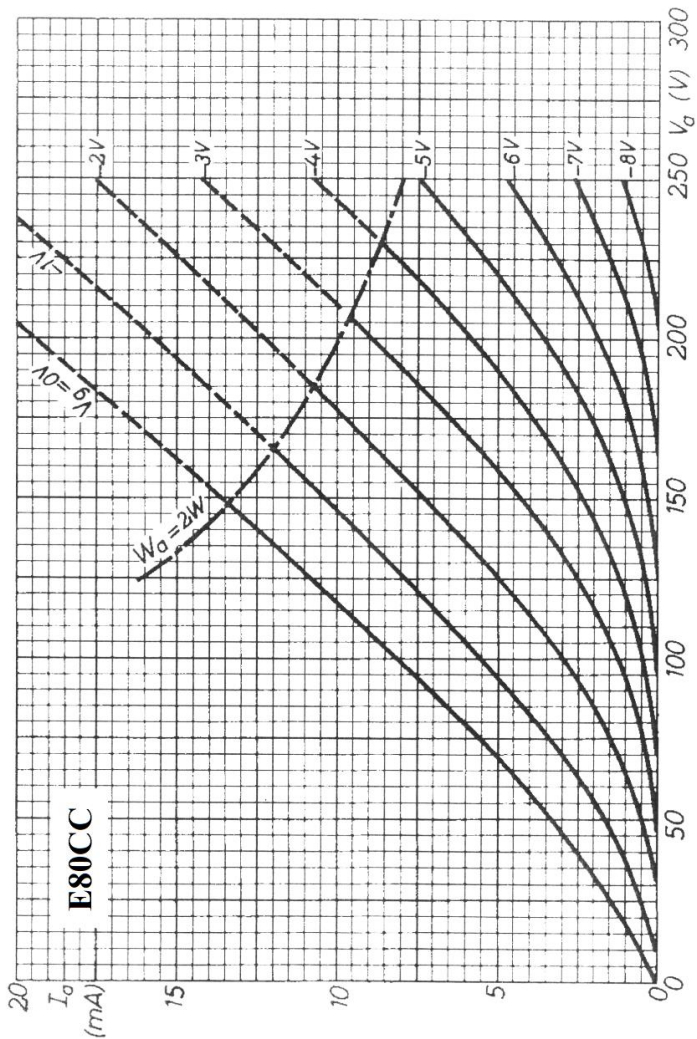


Номинальные характеристики

Напряжение накала.....	6,3/12.6 В
Ток накала	600/300 мА
Напряжение на аноде	250 В
Сопротивление в цепи катода	920 Ом
Ток анода	6 мА
Крутизна характеристики	2,7 мА/В
Коэффициент усиления	27
Внутреннее сопротивление	10 кОм

Предельные эксплуатационные характеристики

Напряжение накала.....	12.6 В
Ток накала	300 мА
Напряжение на аноде запертой лампы.....	600 В
Напряжение на аноде лампы	300 В
Максимальный ток катода	12 мА
Rс:-при автоматическом смещении	≤1 Мом
- при фиксированном смещении	≤500 кОм
Температура баллона	170° С
Долговечность не менее 10000 ч при Ua=250В, Un=6,3 В, Rк=920 Ом.	



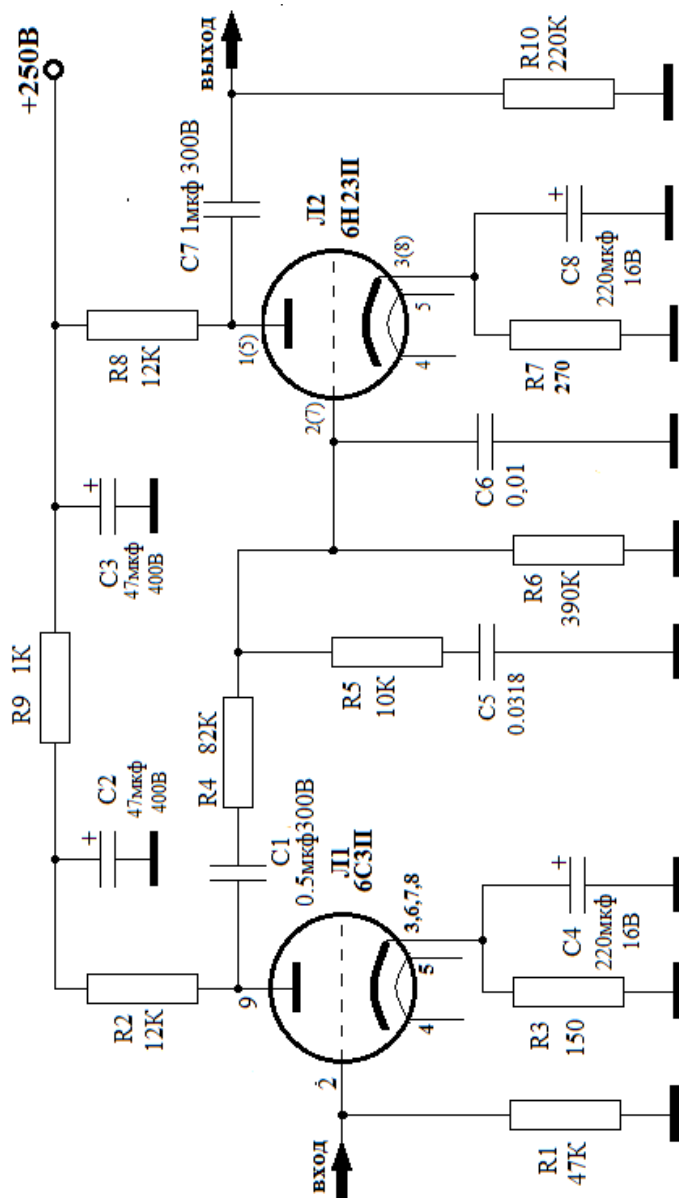
Зависимость тока анода лампы E80CC от напряжения на аноде. Лампа выпускается с золочеными выводами. Обладает прекрасным звучанием и стабильностью параметров. Наилучшее качество обеспечивают приборы фирмы VALVO, SIEMENS.

ФОНОКОРРЕКТОР ПЕРВЫЙ ПРОСТЕЙШИЙ

Технические характеристики (стереовариант)

Тип коррекции грамзаписи	RIAA
Напряжение питания анодное	+250 В
Напряжение накала постоянное	6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода	40 мА
Ток, потребляемый по цепям накала	1,2 А
Выходное напряжение на нагрузке	
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ	0,75 В
Рекомендуемый источник питания	БП №1, №2

Принципиальная схема фонокорректора представлена на рис.14. Устройство представляет собой классический двухкаскадный усилитель с расположенной между каскадами сосредоточенной цепью коррекции. Цепь коррекции формирует три постоянных времени стандарта RIAA: 75 мкс, 318 мкс и 3180 мкс. Мощность анодных резисторов должна быть не менее 5 Вт. Желание улучшить звучание и расширить динамический диапазон устройств привело к замене лампы 6Н23П на 6Н6П. При этом ток, потребляемый по цепи накала, увеличился до 1.35 А. Принципиальная схема этого аппарата представлена на рис.15.



Puc14

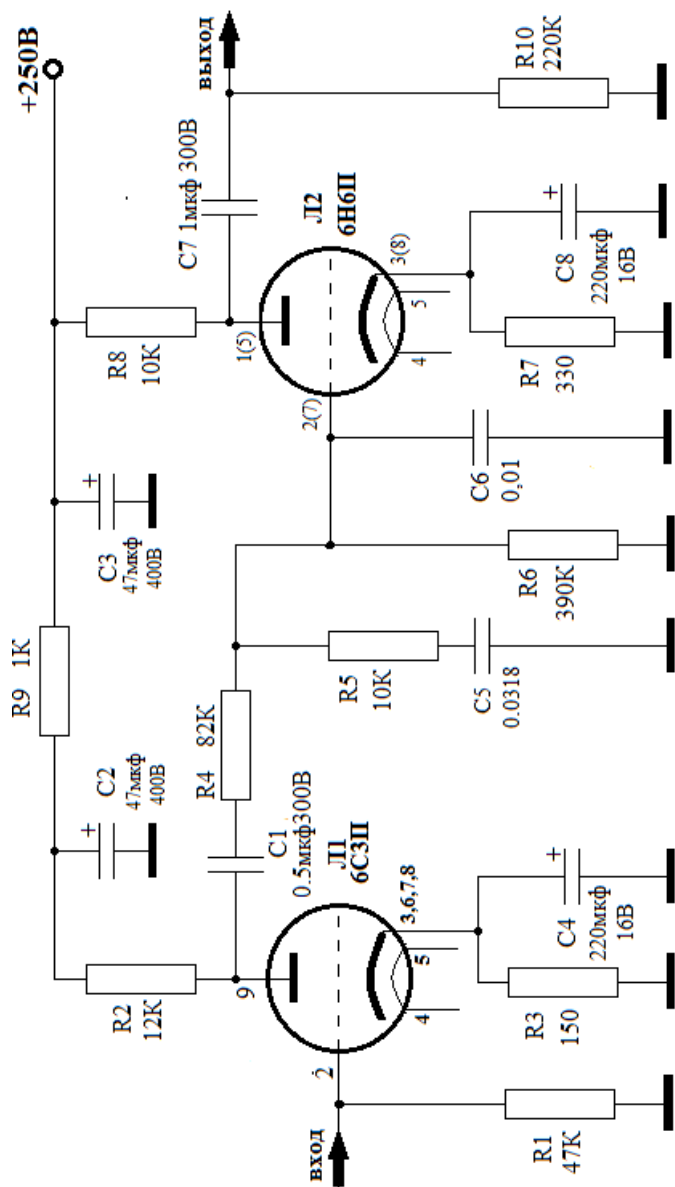


Рис.15

Вывод 9 лампы 6Н6П соединить с минусом источника питания(корпусом)

В свое время телевизионными инженерами был разработан каскад с динамической нагрузкой (его еще называют СРПП), обладающий повышенной нагрузочной способностью и малыми искажениями. Многими специалистами рекомендуется применение такого каскада на выходе фонокорректора. Впрочем, есть специалисты, утверждающие, что резистивный каскад на выходе лучше. После сравнения обоих каскадов мой вывод следующий: существенную роль играет тип лампы. Соберите, прослушайте и сделайте свой выбор. Если предыдущий корректор был простейшим, то это уже инфузория.

ФОНОКОРРЕКТОР С СРПП КАСКАДОМ НА ВЫХОДЕ

Технические характеристики (стереовариант):

Тип коррекции грамзаписи..... RIAA
Напряжение питания анодное +250 В
Напряжение накала постоянное 6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода40 мА
Ток, потребляемый по цепям накала1,8 А
Выходное напряжение на нагрузке
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ 0,75 В
Рекомендуемый источник питания.....БП №1,№2

Количество ламп в фонокорректоре увеличивается при применении СРПП до четырех (6СЗП– 2 шт. и

6Н5П– 2шт.), что влечет за собой увеличение тока накала. Поскольку второй каскад выполнен по схеме СРПП (верхний по схеме триод является нагрузкой первого), отпадает необходимость мощного резистора в аноде выходной лампы. В выходном каскаде применена лампа 6Н5П, обладающая низким выходным сопротивлением и великолепным звучанием. Если на выходе применить лампы 6Н6П (рис.16), ток накала возрастет до 2.1А. Какой из вариантов звучит лучше – дело вкуса. 6Н6П побасовитее будет, 6Н5П – поделикатнее. Лампа 6Н5П достаточно редкая, если ее не найдете, можно применить 6Н1П. В этом случае придется поднять напряжение питания до 300 В (применить БП №2). См. рис. 11.

Катод триода лампы Л2.2 находится под потенциалом равным половине напряжения питания (около 125В при $U_{пит}=250В$ и 150В при $U_{пит}=300В$), поэтому обязательно нужно смотреть при проектировании фонокорректора какова допустимая разность напряжения катод-подогреватель у применяемой в СРПП лампы. И если она меньше 150 В, то необходимо подать на подогреватели опорное напряжение порядка 60 - 80 вольт. Делается это при помощи делителя R11R12 (см. схему). Если делитель не нужен, то минус цепи накала соединяется с минусом цепи питания анода и с корпусом (заземляется).

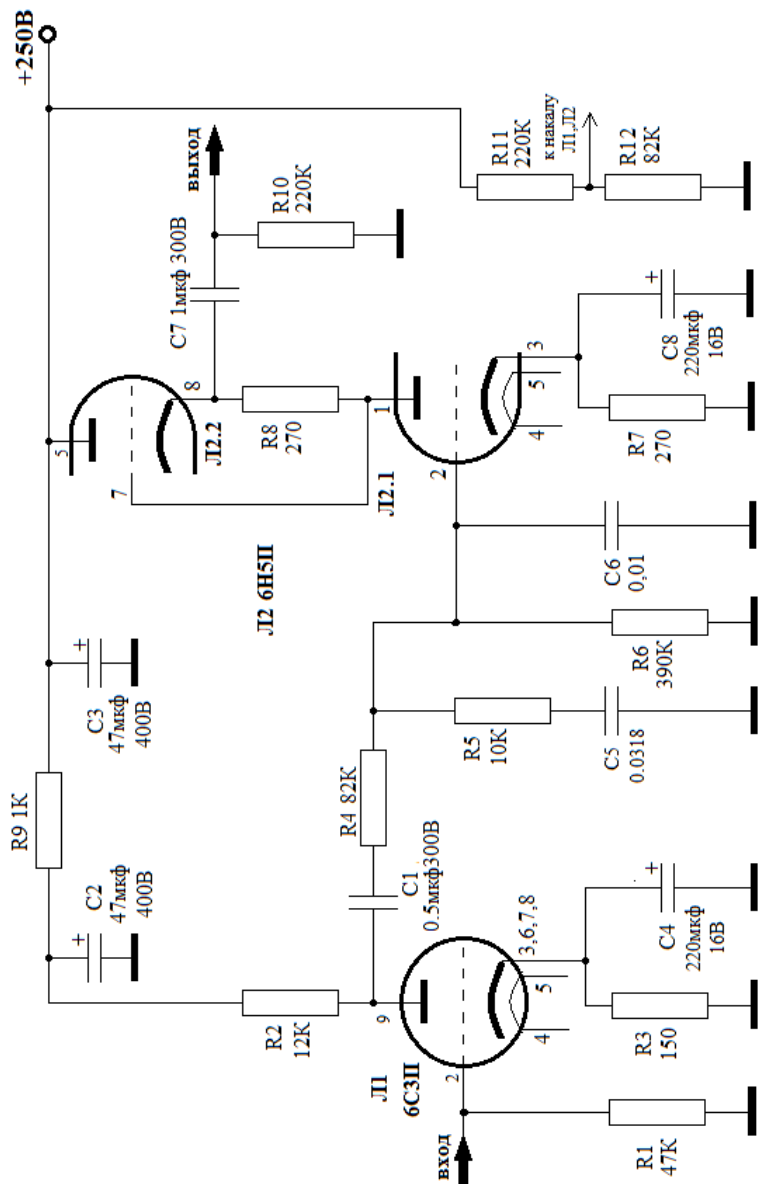


Рис.16

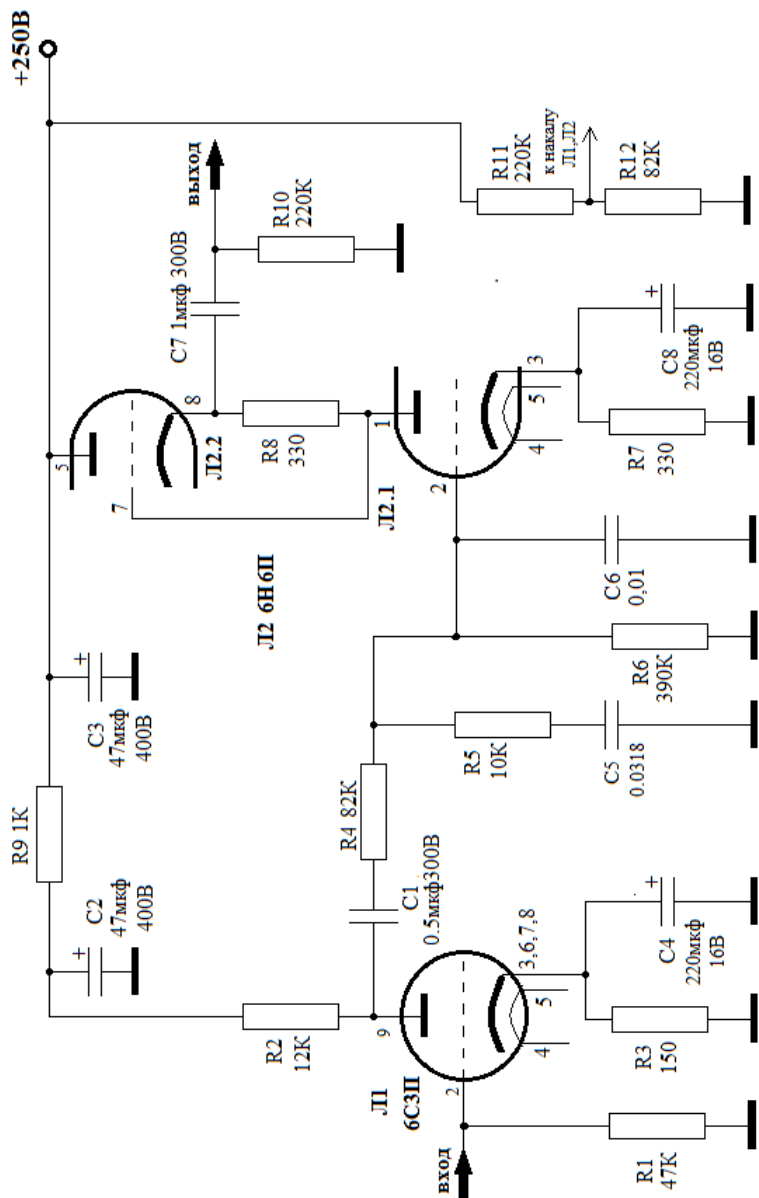


Рис.17

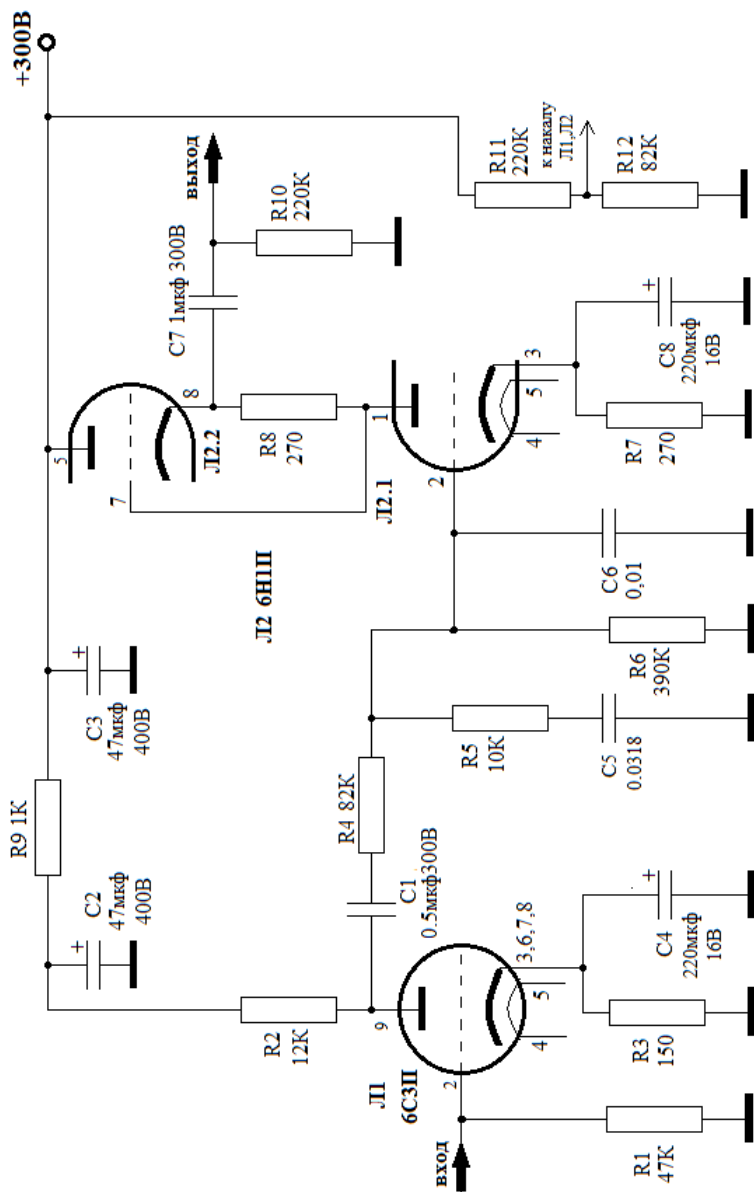


Рис.18

**АРТЕФАКТ,
ПОЛОМАВШИЙ
СТЕРЕОТИПЫ**

**Оказывается, триоды не
панацея для больного
аудиофилией.**

Все шло хорошо со сборкой фонокорректоров. И тут принесли мне распечатку одной замечательной статьи, написанной двумя одесскими мужами. Попросили дать заключение. Хороша статья оказалась. Называется она *Евгений Бабиченко, Игорь Гапонов. Усилители RIAA-коррекции на вакуумных триодах для «скоростных» (электродинамических) звукоснимателей. Некоторые принципы построения схем без обратных связей. Расчёт и настройка корректирующих цепей.*

И вот падает у меня взгляд на описанную в ней реализацию корректора на сумматоре. В голове у меня всплыло, что нечто похожее говорилось мне преподавателями не то на ТЭРЦ, не то на ИЦУ. И надо же – справочник по лампам открыт на странице со странной такой лампой 6Ж43П. Одинарный пентод с двумя анодами. Это ж полсумматора в одном флаконе! По всей видимости, где-то в профессиональной (не меломанской) аппаратуре этот принцип достаточно широко использовался, раз специально был разработан целый прибор. И закипела подготовительно-расчетная работа. Как рассчитывать постоянные времени описано в Приложении 1.

Для любителей математики и теоретических обоснований процитирую Бабиченко и Гапонова по части сумматоров: «Некаскадная реализация. Ещё раз запишем для наглядности формулу идеальной ЧХВ (5): $V(f) = (1 + j\omega\tau_2) / ((1 + j\omega\tau_1)(1 + j\omega\tau_3))$. Знаменатель $V(f)$

можно рассматривать как некий «общий знаменатель» двух дробей, числители которых пока неизвестны, а сама $V(f)$ будет являться суммой этих двух дробей:

$$CV(f) = A/(1 + j\omega\tau_1) + B/(1 + j\omega\tau_3) \quad (11).$$

Числители A и B в формуле (11) в общем случае могут быть функциями от частотного аргумента $j\omega$. Но, судя по ф-ле (5), числитель которой линейная функция от $j\omega$ и которую, в общем-то, и надо получить, предположим, что A и B не зависят от $j\omega$. Далее имеем, учитывая (5):

$$\begin{aligned} CV(f) &= (A(1 + \omega\tau_3) + B(1 + \omega\tau_1))/((1 + \omega\tau_1)(1 + \omega\tau_3)) = \\ &= C(1 + \omega\tau_2)/((1 + \omega\tau_1)(1 + \omega\tau_3)) \quad (12). \end{aligned}$$

Множитель C в (11) и (12) – константа от $j\omega$. Она появилась потому, что опять же в общем случае сумма справа в (11) может быть «арифметически кратна» ЧХВ по ф-ле (5). В комплексной области (пространстве) две алгебраические дроби (см. ф-лу (12)) равны, если равны или одинаково кратны их числители и знаменатели. У нас знаменатели равны, т.е. кратность равна единице. Следовательно, должны быть равны друг другу наши числители: $A(1 + j\omega\tau_3) + B(1 + j\omega\tau_1) + C(1 + j\omega\tau_2)$.

Можно упростить наше уравнение, поделив обе части его на какое-нибудь отличное от нуля число. Удобнее, как оказалось, делить на B , тем самым уменьшая количество неизвестных и нормируя сумму справа в (11) к τ_3 . Поэтому примем, что $B=1$. Тогда

$$A + j\omega A\tau_3 + 1 + j\omega\tau_1 = C + j\omega\tau_2;$$

$$(A + 1) + j\omega(A\tau_3 + \tau_1) = C + j\omega\tau_2 .$$

Два комплексных числа равны друг другу, если равны их действительные и мнимые части. Поэтому получим систему из двух уравнений с двумя неизвестными А и С: $A + 1 = C$

$$A\tau_3 + \tau_1 = C\tau_2 .$$

Откуда $A = (\tau_2 - \tau_1) / (\tau_3 - \tau_2)$; $C = (\tau_3 - \tau_1) / (\tau_3 - \tau_2)$, а также напомним, что $B = 1$. Подставив найденные А, В и С в (11), получим $(\tau_3 - \tau_1) / (\tau_3 - \tau_2) \times V(f) = (\tau_2 - \tau_1) / (\tau_3 - \tau_2) \times$

$$\times 1 / (1 + j\omega\tau_1) + 1 / (1 + j\omega\tau_3) \quad (13).$$

Вообще, формулы (11) и (13) в буквальном смысле есть «формы» математической модели фильтра на сумматоре (или микшере). Слагаемые дроби в правых частях – это фильтры НЧ первого порядка по типу, рассмотренному в п.1.2.5. Таким образом, для реализации RIAA корректора по некаскадной идеологии требуется сумматор и два ФНЧ первого порядка с частотами среза $\omega_1 = 1/\tau_1$ и $\omega_3 = 1/\tau_3$. Третья частота $\omega_2 = 1/\tau_2$ спрятана в рецептуре смеси (коэффициент А).

Коэффициент С никакой «фильтрующей» и особой «усиливающей» роли не играет: для τ_1, τ_2, τ_3 RIAA-стандарта мало отличается от единицы ($C \approx 1,085$). Блок-схема одного из возможных вариантов некаскадной реализации усилителя-корректора согласно модели (13),

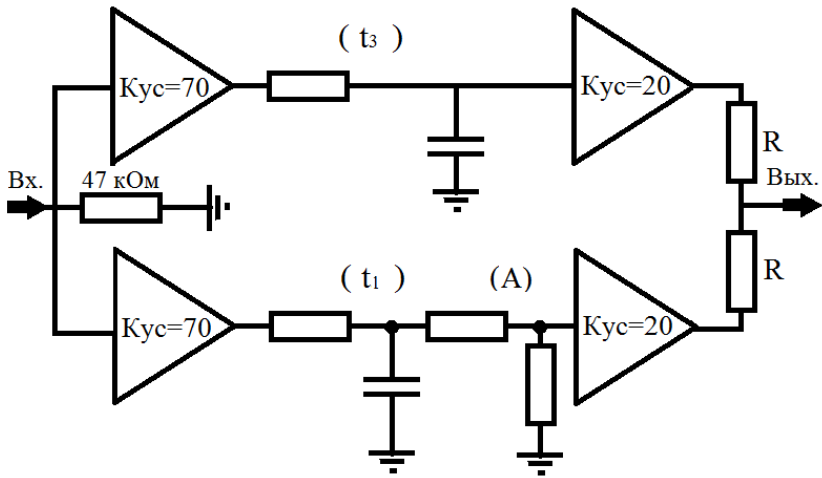


Рис.19

и который мы воплотили в Железо (см. Введение), выглядит так: см. рис.19.

Достоинства схемы:

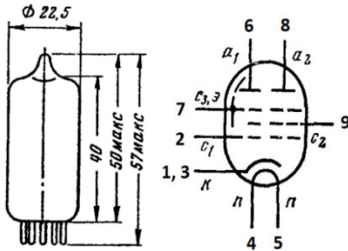
- легкость и точность настройки;
- пониженные по сравнению с каскадной реализацией шумы, высокая перегрузочная способность по входу и выходу.

Недостатки:

- большее, чем обычно, количество элементов;
- повышенные требования к синхронности и стабильности суммирования».

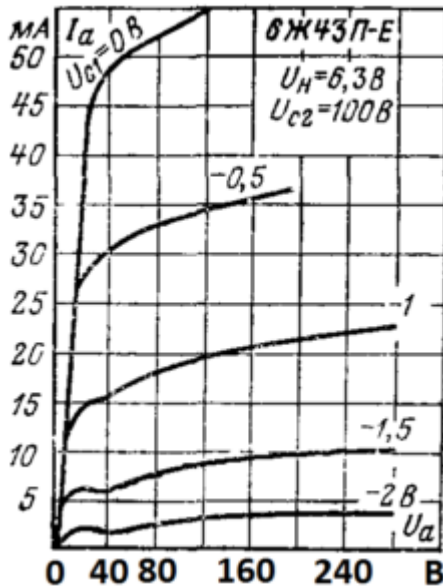
Вернемся к практике.

6Ж43П широкополосный высокочастотный пентод



Пентоды для усиления напряжения высокой частоты в широкополосных усилителях преимущественно с разделением сигналов на выходе. Оформление — пальчиковое с пуговичным дном. Масса 17 г.

Выводы: 1,3- катод; 2-сетка первая; 4,5-подогреватель; 6-анод1; 7- сетка третья, экран; 8- анод 2; 9-сетка вторая.



Усредненные характеристики зависимости тока анода от напряжения на аноде лампы 6Ж43П

Основные технические характеристики 6Ж43П

Номинальные электрические данные:

- Напряжение накала, В $6,3 \pm 0,3$
- Ток накала, мА 440 ± 30
- Напряжение на аноде, В 150
- Напряжение на второй сетке, В 150
- Сопротивление в цепи катода, Ом 50
- Ток в цепи каждого анода, мА $14,5 \pm 6$
- Ток суммарный двух анодов, мА 29 ± 9
- Ток в цепи второй сетки, мА не более 6,5
- Крутизна характеристики, мА/В $14,5 \pm 5$
- Входное сопротивление, кОм 2,5
- Внутреннее сопротивление, кОм 36
- Эквивалентное сопротивление шумов, кОм 0,24
- Емкость входная, пф $13,5 \pm 2$
- Емкость выходная, пф $3,3 \pm 0,5$
- Емкость проходная, пф 0,035
- Емкость катод-подогреватель, пф ≤ 10
- Емкость первая сетка-подогреватель, пф $\leq 0,15$
- Долговечность, ч не менее 1000

Предельно допустимые электрические величины:

- Наибольшее напряжение на аноде, В 150
- Наибольшее напряжение на второй сетке, В 150
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде, Вт 3,1
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на второй сетке, Вт 1,35
- Наибольший ток в цепи катода, мА 46
- Наибольшее напряжение катод-подогреватель, В 100
- Наибольшее сопротивление в цепи первой сетки, мОм 0,3

Может потребоваться подбор по минимальном микрофонному эффекту.

ФОНОКОРРЕКТОР НА СУММАТОРЕ

Принципиальная схема на рис. 20

Технические характеристики (стереовариант)

Тип коррекции грамзаписи	RIAA
Напряжение питания анодное	+250 В
Напряжение накала постоянное	6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода	90 мА
Ток, потребляемый по цепям накала	2,4 А
Выходное напряжение на нагрузке	
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ	0,8 В
Рекомендуемый источник питания	БП №1, №2

Цепи коррекции τ_1 и τ_3 , представляют собой обычные RC фильтры первого порядка. Сам сумматор, на котором происходит сложение прошедших фильтрацию сигналов, выполнен на триоде 6Н6П, у которого соединены между собой аноды. Первый каскад корректора выполнен на пентоде 6Ж43П, в нем происходит расщепление сигнала на два параллельных потока. К аноду 6Ж43П (вывод 6) подключена цепь формирования τ_3 (3180 мкс), к другому аноду (вывод 8) – цепь, формирующая τ_1 (75 мкс). Поток прошедший цепь формирования τ_3 подается сразу на управляющую сетку 2 первого триода лампы 6Н6П. Поток прошедший цепь формирования τ_1 через регулируемый делитель на подстроечном резисторе R9 подается на сетку 7 второго триода. Таким образом реализуется коэффициент передачи А (см. ст. Гапонова, Бабиченко). На практике вращением шлица этого резистора настраивается требуема АЧХ устройства в областях выше 500Гц.

Фонокорректор оказался на редкость хорошим. Обыграл по всем статьям предыдущие аппараты. И начался гон по улучшению его характеристик. Почему надо улучшать лучший аппарат? Потому что не бывает ничего в технике без недостатков. Внимательное прослушивание выявило слабо выраженное размытие мелких звуковых деталей. Вообще, это было ожидаемо: при наличии двух в принципе отличающихся параллельных цепей два одинаковых звуковых фрагмента будут иметь разное время прохождения. А потом они складываются... Сначала стали «вылизывать» пассивные элементы фильтров. Обратите внимание на схему: там в местах, где это имеет значение, указана точность элементов и их тип. Затем паранойя перешла в другую плоскость: после того как поняли, что этот недостаток сумматора системный, стали искать лампы, пробовать разные топологии, с тем, чтобы «переиграть» этот аппарат. В процессе поисков нашли лампу «зеркальную» по отношению к 6Ж43П, т.е. имеющую две сетки при одном аноде. Вот вам и сумматор! Лампа эта называется 6С46Г-В. Но пока мне ее прислали, был создан корректор, переигравший сумматор. Поэтому реализовать в железе связку 6Ж43П+6С46Г-В не довелось. Как звучит сказать не могу. Может быть, кто-нибудь дерзнет и соберет. Не все же бешеные зайцы перевелись еще на Руси.

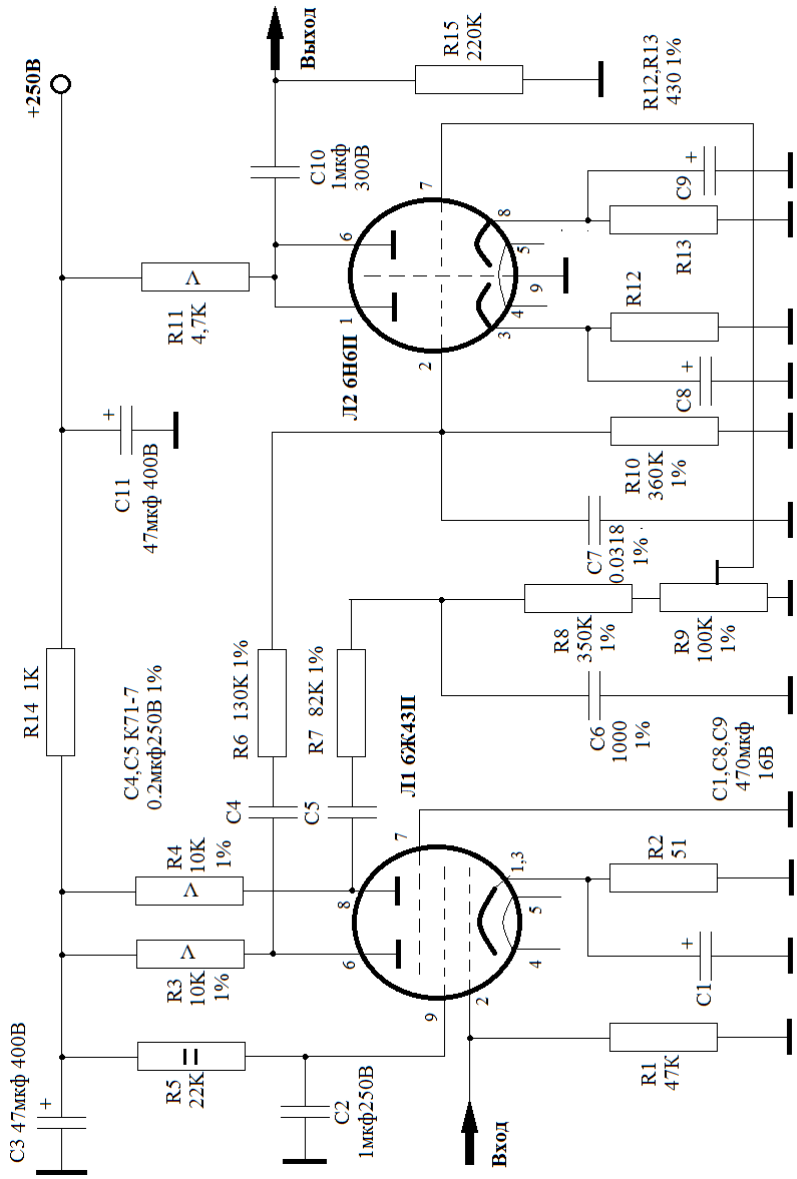
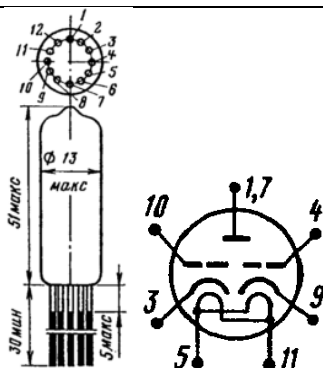


Рис.20. Фонокорректор на сумматоре

6С46Г-В триод



Триод для работы в качестве регулирующей лампы в электронных стабилизаторах напряжения. Оформление — в стеклянной оболочке с гибкими выводами, сверхминиатюрное. Масса 7 г.

Основные технические характеристики 6С46Г-В: Номинальные электрические данные:

Напряжение накала, В	6,3 ±0,6
Ток накала, мА	500 ±50
Напряжение на аноде, В	42
Крутизна характеристики, мА/В	20 ±5
Ток в цепи анода, мА	60 ±15
Ток сетки обратный, мкА	не более 0,4
Коэффициент усиления	7±2
Долговечность	не менее 500 ч

Предельно допустимые электрические величины:

Наибольшее напряжение на аноде, В	250
Наибольшее напряжение на аноде при запертой лампе, В	330
Напряжение в цепи сетки отрицательное, В	-75
Наибольший ток в цепи катода, мА	100
Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде, Вт	4,5
Наибольшее напряжение катод-подогреватель, В	150
Наибольшее сопротивление в цепи сетки, Мом	0,25

Характеристики лампы 6С46Г-В приведены для тех, кто еще «не растерял порох в пороховницах». Существенное неудобство представляет то, что лампа бесцокольная с гибкими выводами.

К сожалению, ни в одном справочнике я не нашел ВАХ на эту лампу. Снять характеристики я не успел в силу вышеуказанных причин. Должна же у аудиофила оставаться мечта. В противном случае тот, кто упование свое положил на пустые преходящие вещи, останется один в пустом помещении без окон и дверей и без полутонов. Скажете, что это старческое брюзжание? Тогда – вперед! Только в какой перед?

Первая мысль в борьбе против сумматорного корректора была следующая: применить распределенную коррекцию на расчудесных триодах E80CC. Что и было сделано. Фонокорректор получился очень приличный. Микродинамика превосходная, но сказать, что он «переиграл» предыдущий аппарат не получается. Можно сказать, что они равны, предпочтения на уровне вкусов, то есть достаточно субъективны. Есть один существенный недостаток у устройства на лампах E80CC – заоблачная цена на эти лампы.

ФОНОКОРРЕКТОР С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПО КАСКАДАМ КОРРЕКЦИЕЙ

Технические характеристики (стереовариант)

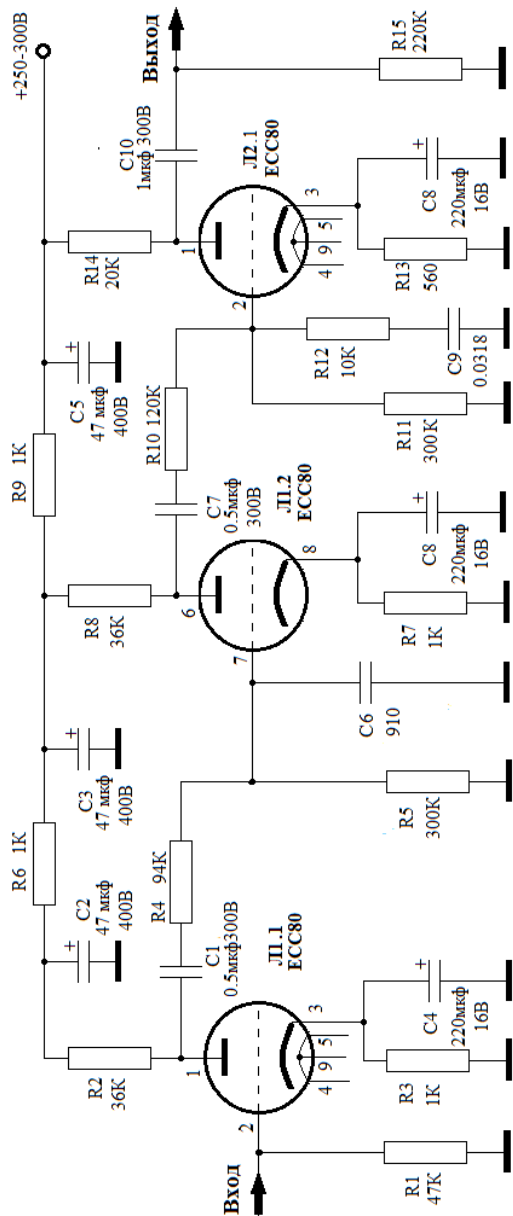
Тип коррекции грамзаписи RIAA
Напряжение питания анодное +250 В
Напряжение накала постоянное 12 В
Ток, потребляемый по цепям анода 30 мА
Ток, потребляемый по цепям накала 0,45 А
Выходное напряжение на нагрузке
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ 1.5 В
Источник питания БП №2

Всего в фонокорректоре (рис.21) для стереоварианта применено 3 лампы. Первые два каскада делаются на одном баллоне. В выходном каскаде используется один из триодов третьей лампы. Устройство представляет собой трехкаскадный усилитель с расположенными между первым и вторым каскадом цепь коррекции τ_1 , между вторым и третьим цепь коррекции τ_2 и τ_3 . Питание накала желательно сделать 12-ти вольтовым, это уменьшит токовую нагрузку на провода. Если накал делать 6,3 в, ток накала возрастет до 0,9 А. Как бюджетный вариант этого корректора можно предложить замену выходной лампы на отечественную 6Н5П (компромиссный подход), либо полностью собрать корректор на 6Н5П. В этом случае накал будет

6,3 В и более прожорливый: 1,8 А. Сопротивления в цепи анодов всех ламп придется заменить на 12 кОм 5 Вт, катодов на 270 Ом. Номиналы некоторых резисторов цепей коррекции тоже изменятся: R4 – 96 кОм, R10 – 124 кОм.

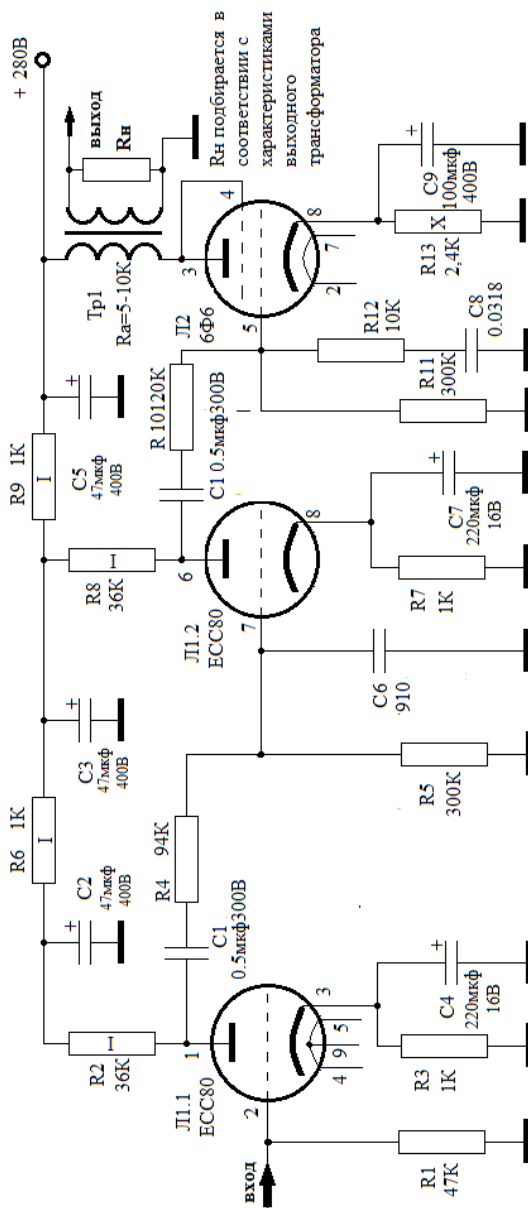
Ради исторической правды стоит упомянуть еще одно устройство, собранное в поисках лучшего звука. У моего друга имелся согласующий трансформатор фирмы ТАМУРА с коэффициентом трансформации 1:1 и рекомендуемым $R_a=10$ кОм, грех был не попробовать его в деле. В результате родилась схема, показанная на рис.22. Звучит хорошо, но потребовался источник питания на 280 В, с током не менее 70 мА (для двух каналов). Описывать подробно схему не буду, потому что корректор на сумматоре он тоже не победил.

Наконец, иллюзии насчет триодов окончательно рассеялись, и решено было перейти к связке пентод на входе, триод на выходе. В разных вариантах. Которые будут описаны в Разделе 3.



При питании накала ламп напряжением 6.3 В выводы 4 и 5 лампы ECC80 соединить вместе.
 Питание подать на выводы 4,5 и 9. При питании накала 12 В, питание подается на выводы 4 и 5.

Рис.21



Коэффициент трансформации выходного трансформатора должен быть в пределах от 1:1 до 1:4. В соответствии с этим должна выбираться сопротивлению нагрузки корректора, чтобы обеспечить $R_a = 5-10 \text{ кОм}$.

Рис.22.



Так выглядят американские лампы с графитовым покрытием внутри баллона.

По поводу корректора с трансформатором на выходе хотелось отметить, что на звучание существенно влияет качество лампы выходного каскада 6Ф6С. Из отечественных ламп наилучшее звучание у приборов, произведенных до 1955 года. Но самый разительный скачок вперед дает применение ламп американского производства 6F6GT с графитовым покрытием внутри лампы. Не путать с чернением, как у 6П6С! Покрытие графитом имеет характерный серый цвет.

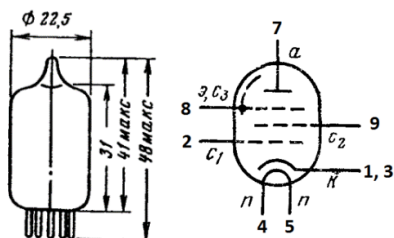
РАЗДЕЛ 3
КОНСТРУКЦИИ, В КОТОРЫХ
ТРИОДЫ ДРУЖАТ С
ПЕНТОДАМИ

*Внешний вид двух вариантов
исполнения одной лампы*



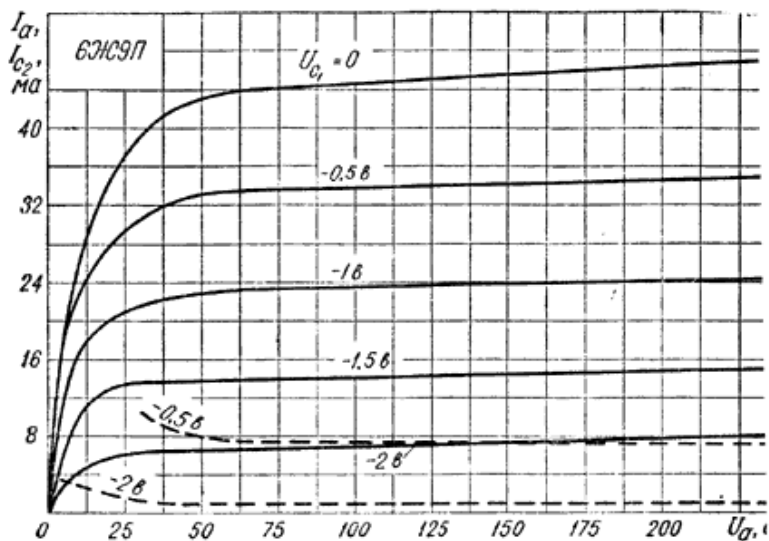
Почему, не знаю, было решено применить пентод 6Ж9П. Возможно, потому что ящик с ними стоял на полке. И были там лампы разных производителей, годов выпуска и типа исполнений. Было с чем исследовать влияние на звук геометрии электродной системы, завода-производителя и года выпуска. По поводу исполнения лампы 6Ж9П надо заметить следующее: имеются два типа этой лампы 6Ж9П и 6Ж9П-Е, которые формально по электрическим характеристикам одинаковы, но по габаритным размерам и форме электродной системы совершенно различны. И звучание этих ламп различается разительно. 6Ж9П-Е больше по размерам, имеет значительно меньший микрофонный эффект, и ее влияние на звук откровенно нехорошее. 6Ж9П обычного исполнения сильно микрофонит, имеет маленький баллон, но при этом у нее очень приятное звучание. В своих конструкциях я использовал именно ее. Какой-нибудь взаимосвязи качества звучания от производителя и года выпуска установить не удалось.

6Ж9П пентод высокой частоты с короткой характеристикой



Пентод с высокой крутизной характеристики для широкополосного усиления напряжения высокой частоты во входных каскадах радиоэлектронных устройств. Оформление — пальчиковое. Катод оксидный косвенного накала. Масса 15 г.

Выводы: Выводы: 1,3- катод; 2-сетка первая; 4,5-подогреватель; 7- анод; 8-сетка третья, экран; 9-сетка вторая.



Усредненные характеристики зависимости тока анода и тока второй сетки от напряжения на аноде при напряжении на второй сетке 150 в и напряжении на третьей сетке 0:

— ток в цепи анода; - - - ток в цепи второй сетки.

Основные технические характеристики на 6Ж9П. Номинальные эксплуатационные данные

Напряжение накала	6,3 ± 0,6 В
Ток накала	300 ± 95 мА
Напряжение анода номинальное (постоянное)	150 В
Ток анода	15 ± 4 мА
Напряжение сетки второй номинальное (постоянное)	150 В
Ток сетки второй	не более 4,5 мА
Напряжение сетки третьей (постоянное)	0 В
Крутизна характеристики	17,5 ± 3,5 мА/В
Напряжение отсечки электронного тока первой сетки	не более -1,1 В
Внутреннее сопротивление	0,15 МОм
Напряжение анода предельное (постоянное)	250 В
Ток катода предельный	35 мА
Напряжение сетки первой предельное (постоянное)	-100 В
Напряжение сетки второй предельное (постоянное)	160 В
Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов	350 Ом
Входное сопротивление на частоте 60 МГц	5 кОм
Сопротивление в цепи катода для автоматического смещения	80 Ом
Емкость входная	8,5 ± 1 пФ
Емкость выходная	3,0 ± 0,5 пФ
Емкость проходная	не более 0,03 пФ
Емкость катод-подогреватель	не более 7 пФ
Долговечность не менее 2000 ч.	

Предельные эксплуатационные данные

Сопротивление в цепи сетки первой предельное	1 МОм
Напряжение между катодом и подогревателем предельное (постоянное):	
- при отрицательном потенциале подогревателя	150 В
- при положительном потенциале подогревателя	100 В
Мощность, рассеиваемая анодом, предельная	3 Вт
Мощность, рассеиваемая сеткой второй, предельная	0,75 Вт

ФОНОКОРРЕКТОР С 6Ж9П НА ВХОДЕ

Технические характеристики (стереовариант):

Тип коррекции грамзаписи RIAA
Напряжение питания анодное +250 В
Напряжение накала постоянное 12 В
Ток, потребляемый по цепям анода30 МА
Ток, потребляемый по цепям накала с 6С3П 0,9 А
С 6Н6П ... 1,3 А
С 6Н5П ...1,8 А

Выходное напряжение на нагрузке

220 кОм при сигнале на входе 5 мВ 1 В

Источник питания БП №1, №2

6Ж9П позволяет быстро собрать вполне приличный фонокорректор, имеющий динамичное звучание. Ниже (рис. 23, 24, 25) приведены три варианта фонокорректора с 6Ж9П на входе. Различаются они тем, что на выходе применены разные триоды. При применении на выходе лампы 6С3П фонокорректор получается очень сильно «микрофонящим». Применение лампы 6Н6П делает звучание мягче и расширяет динамический диапазон устройства. Выходной СРПП каскад на лампе 6Н5П имеет лучшую нагрузочную способность.

На примере этого достаточно чувствительного в проявлении микрофонного эффекта аппарата рассмотрим способы борьбы с этим неприятным явлением. В профессиональной и бытовой аппаратуре

50–70-х годов прошлого века, можно встретить всевозможные ухищрения, для устранения вибраций ламп высокочувствительных каскадов. Но все они, как правило, сводятся к подвешиванию панели лампы либо на пружинах разного типа, либо на резиновых растяжках, либо на резиновой манжете. С моей точки зрения, манжета наиболее эффективна, разве что материал манжеты необходимо применять менее упругий чем резина. Из практики известно, что подвес на пружинах дает после толчка даже более долгое послезвучие за счет собственных колебаний системы. Применение этих конструкций сильно усложняет изготовление фонокорректора. Более доступные меры борьбы с «микрофоном» выглядят так:

1. использовать лампы с малым микрофонным эффектом;

2. пластина, на которой монтируются ламповые панельки, лучше изготовить из вязких материалов: алюминия, меди, акрила и т.п.;

3. если конструкция открытая (лампы выставлены для обозрения), то основание с лампами устанавливать на коробку через прокладку из фетра (войлока);

4. основное гашение вибраций осуществлять применением хороших резиновых, войлочных или пробковых ножек;

5. основание, на котором будет стоять фонокорректор, желательно иметь массивное.

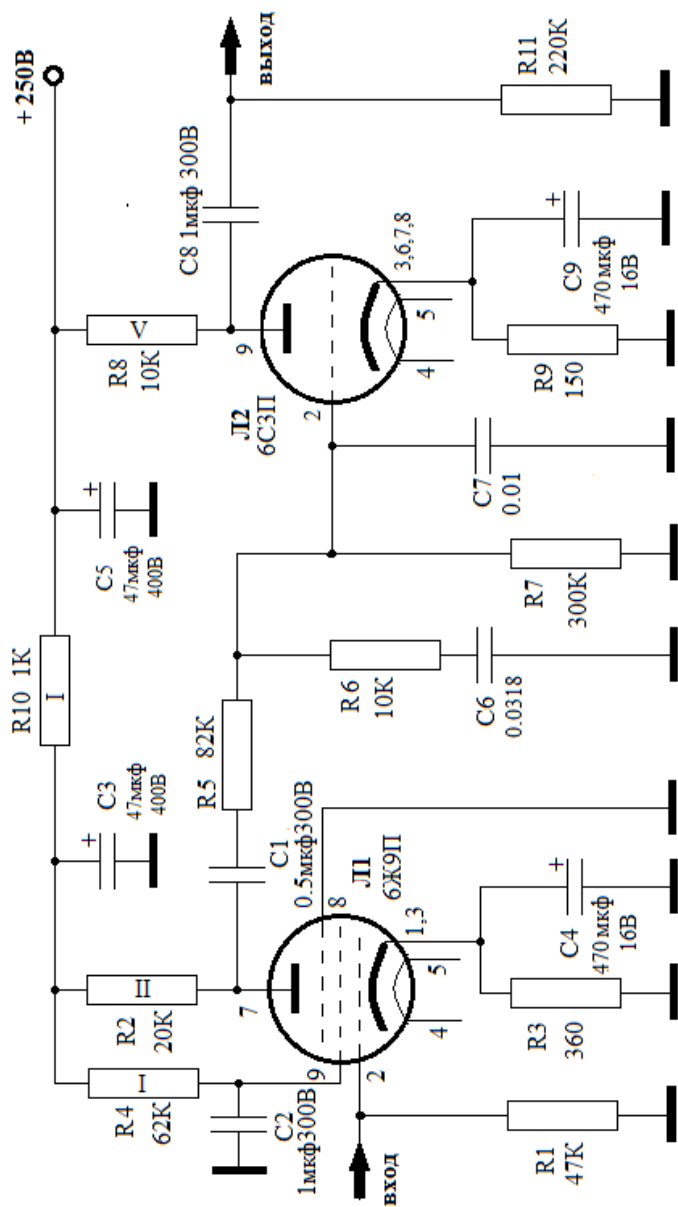


Рис.23

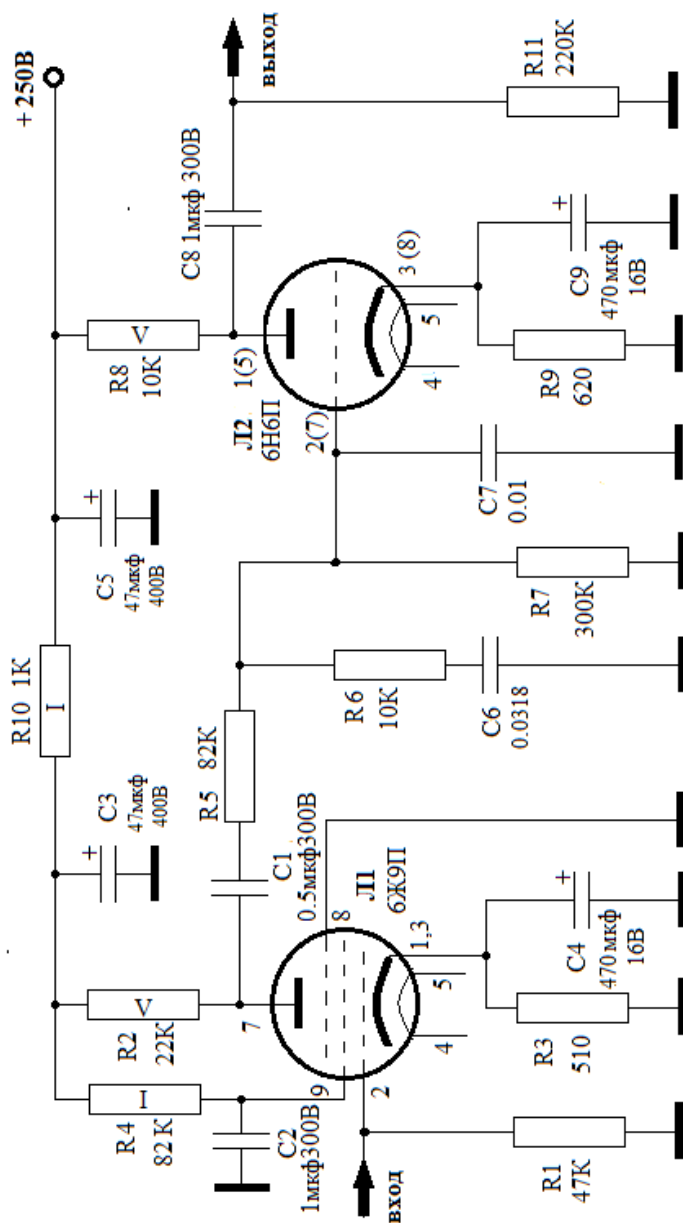


Рис.24

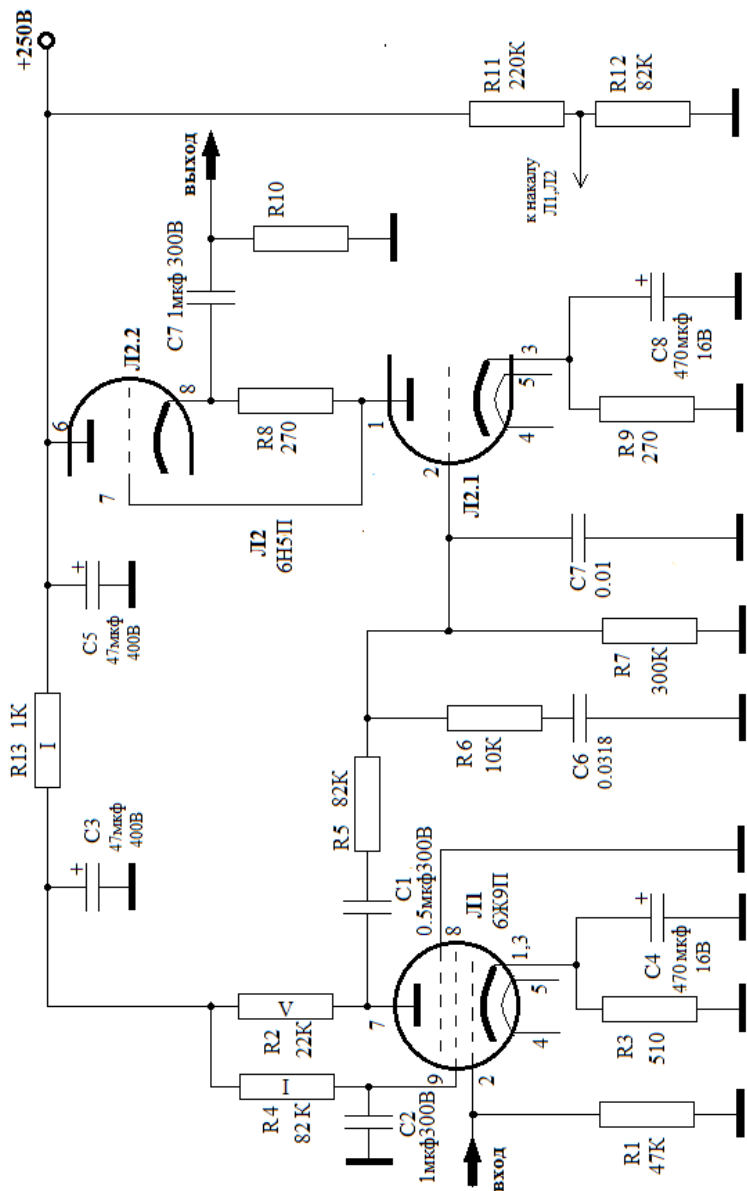


Рис.25

ФОНОКОРРЕКТОР НА ОКТАЛЬНЫХ ЛАМПАХ

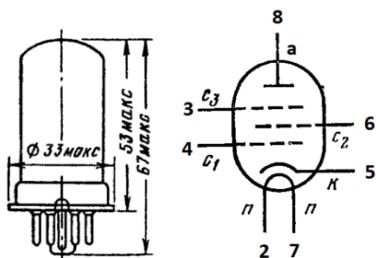
«Что это мы все без молока и без молока?» То есть, что это мы все пальчиковые лампы применяем? Ведь существует стойкое предубеждение о том, что лампы с октальным цоколем звучат лучше. И есть один очень любимый всеми триод 6Н8С, и многими любимый (в том числе и мной) пентод 6Ж4. Описывать схему смысла нет, она идентична предыдущей. Разве что источник питания потребует на 400 вольт. Принципиальная схема корректора представлена на рис.26. **Этот корректор обыграл сумматорный!** Произошло это 26 декабря 2012 года. Такова запись на схеме, лежащей в моей архивной папке.

Технические характеристики (стереовариант)

Тип коррекции грамзаписи RIAA
Напряжение питания анодное +400 В
Напряжение накала постоянное 6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода 25 мА
Ток, потребляемый по цепям накала 2,1 А
Выходное напряжение на нагрузке
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ 1 В
Источник питания БП №4

Затем начались опыты по замене 6Ж4 на другие лампы. Пробовались 6К3, ее американский аналог, пальчиковая 6Ж5П. Все эти аппараты были хороши, но превозмочь связку 6Ж4+6Н8С не смогли, поэтому они не описаны в книге. Поиски лучшего звука в итоге логически привели к пробам связки пентод + пентод.

6Ж4 пентод высокой частоты с короткой характеристикой



Пентоды для усиления напряжения высокой и промежуточной частоты. Может быть использован для усиления напряжения низкой частоты при условии питания нити накала постоянным током. Работает в любом положении. Оформление — в металлической оболочке, с октальным цоколем. Масса 43г. Выводы: 2,7- накал; 3-сетка третья; 4-сетка первая; 5-катод; 6-сетка вторая; 8-анод.

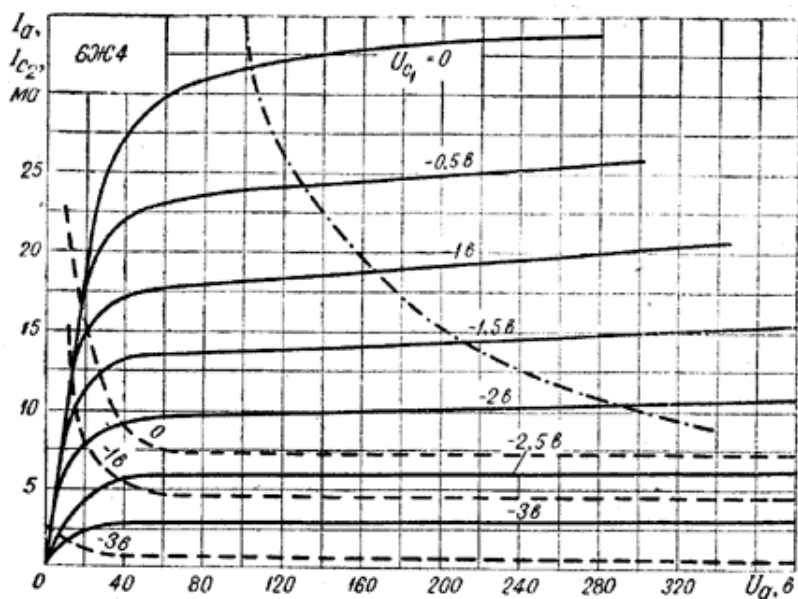
Основные технические характеристики 6Ж4.

Номинальные электрические данные

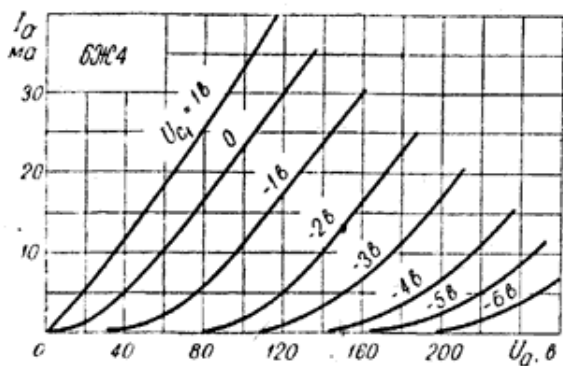
- Напряжение накала, В 6,3
- Напряжение на аноде, В 300
- Напряжение на второй сетке, В 150
- Напряжение на третьей сетке, В 0
- Сопротивление в цепи катода для автоматического смещения, Ом.. 160
- Ток накала, мА 450 ± 25
- Ток в цепи анода, мА $10,25 \pm 2,25$
- Ток в цепи второй сетки, мА $2,2 \pm 1,0$
- Крутизна характеристики, мА/В $9,0 \pm 2,0$
- Внутреннее сопротивление, мОм 3,0
- Входное сопротивление на частотах 45—60 МГц, Ом около 2600

Предельно допустимые электрические величины

- Наибольшее напряжение накала, В 7
- Наименьшее напряжение накала, В 5,7
- Наибольшее напряжение на аноде, В 330
- Наибольшее напряжение па второй сетке, В 165
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде, Вт 3,3
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на второй сетке, Вт 0,45
- Наибольшее постоянное напряжение между катодом и подогревателем, В 100
- Наибольший ток утечки между катодом и подогревателем, мкА 20



Усредненные характеристики зависимости тока анода и тока второй сетки от напряжения на аноде при напряжении на второй сетке 150 в и напряжении на третьей сетке 0:
 — ток в цепи анода; - - - ток в цепи второй сетки; - · - · - наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде.



Усредненные характеристики зависимости тока анода от напряжения на аноде в триодном включении.

Вместо лампы 6Н8С на выходе можно применить обычный резистивный каскад на 6Ж4 в триодном включении, при этом сузится динамический диапазон корректора, но напряжение питания можно будет снизить до 300 В. Хорошим звучанием обладают лампы 6АС7 американского производства. Лампы 6АС7 производства RFT (ГДР) уступают по этому параметру лампам отечественного производства.

При триодном включении напряжение на аноде лампы не должно превышать 150 В.

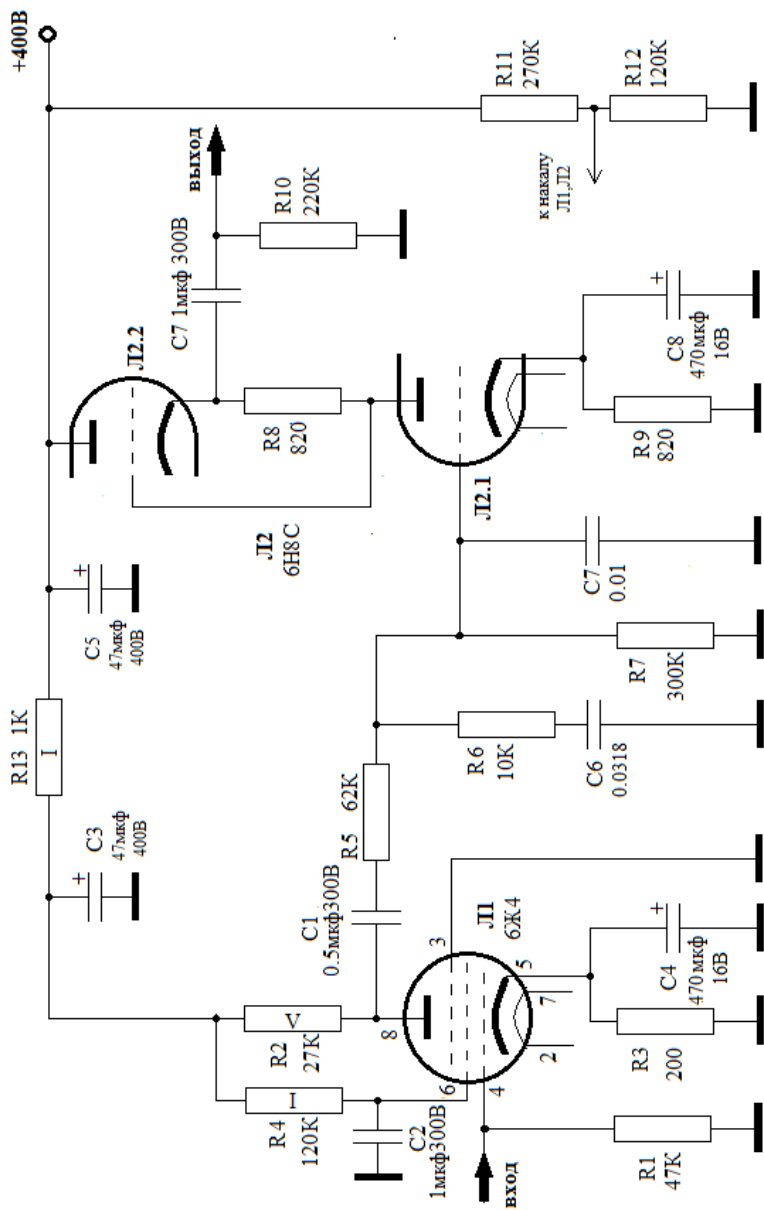


Рис.26

У читателя может возникнуть вопрос: «А где же описание культовой связки ламп 6Н9С+6Н8С»? Схема и исчерпывающее описание этой конструкции подробно дано в ИНТЕРНЕТЕ в статье В. Ульянова, поэтому эта конструкция отсутствует в этой книге. Новичкам собирать такой корректор в качестве первого не советую, так как борьба с фоном в этой конструкции предстоит достаточно упорная, и микрофонный эффект у 6Н9С тоже ощутимый. Но, идущий да одолеет путь. Решать Вам. Если решитесь, то лампы лучше применить производства Московского электролампового завода МЭЛЗ. На фотографии ниже показано, как они выглядят.



РАЗДЕЛ 4

**КОНСТРУКЦИИ НА
ПЕНТОДАХ**

ФОНОКРРЕКТОР НА ПЕНТОДАХ 6Ж8

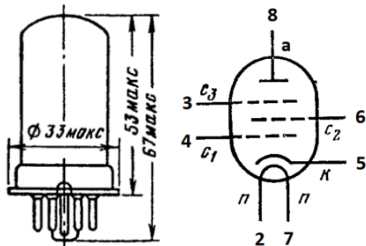
Как-то приходит ко мне друг и говорит, что, вообще, правильно иметь на входе лампы с малой крутизной. И почему-то хочется старого мурлыкающего лампового звука, но чтоб динамика осталась. Ну что ж, есть же старинные пентоды в металлических корпусах. Выбор пал на пентод 6Ж8. Лампа не подвела, но пришлось повозиться с устранением фона. Об этом будет сказано ниже. Первый каскад фонокорректора пентодный, второй – 6Ж8 в триодном включении. Аппарат порадовал деликатностью звучания, но динамичность была явно не его коньком. Попробовали вместо 6Ж8 лампу 6Ж7. Картина та же. В общем, эти устройства не для любителей рока. Но классическую музыку отыгрывают отменно.

При применении 6Ж7 лампы желательно спрятать внутрь металлического корпуса во избежание помех. Связано это с тем, что вывод первой сетки у лампы 6Ж7 сделан на верху баллона лампы.

Технические характеристики (стереовариант):

Тип коррекции грамзаписи RIAA
Напряжение питания анодное +300 В
Напряжение накала постоянное 6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода 18 мА
Ток, потребляемый по цепям накала 1,2 А
Выходное напряжение на нагрузке
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ 1 В
Источник питания БП №2

6Ж8 пентод высокой частоты с короткой характеристикой



Пентод 6Ж8 предназначен для усиления напряжения высокой частоты. Применяется в каскадах УВЧ и УПЧ как сеточный детектор в приемной и измерительной аппаратуре. Работает в любом положении. Выпускается в металлическом оформлении. Цоколь октальный. Срок службы не менее 500 ч. Масса 43 г.

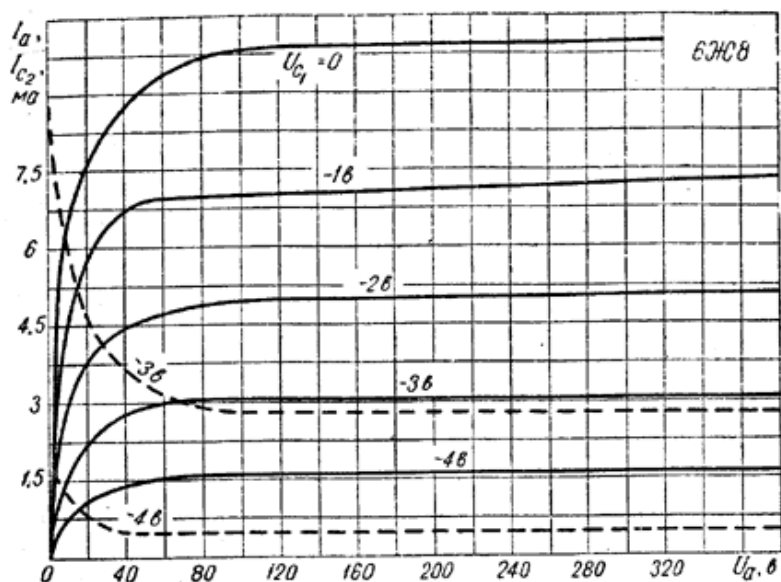
Выводы: 1- экран; 2,7-накал; 3-сетка третья; 4- сетка первая; 5- катод; 6- сетка вторая; 8- анод.

Основные технические характеристики 6Ж8 Номинальные электрические данные

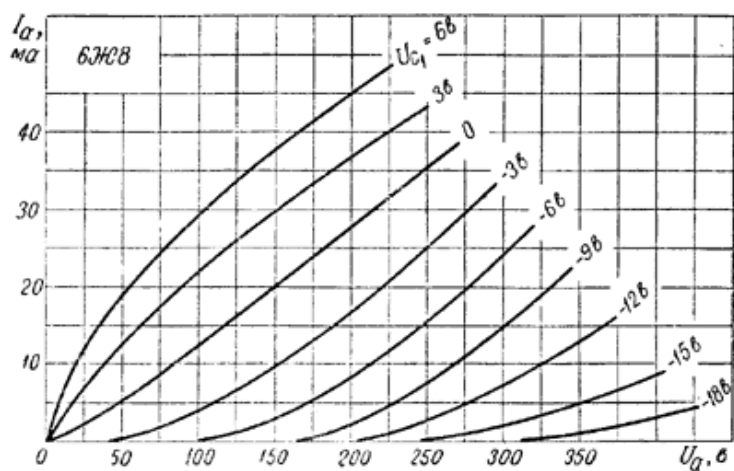
- Напряжение накала, В 6,3
- Напряжение на аноде, В 250
- Напряжение на второй сетке, В 100
- Напряжение на третьей сетке, В 0
- Напряжение смещения на первой сетке, В -3
- Ток накала, мА 300 ± 25
- Ток в цепи анода, мА 3 ± 1
- Ток в цепи второй сетки, мА $0,8 \pm 0,4$
- Крутизна характеристики, мА/В $1,65 \pm 0,35$

Предельно допустимые электрические величины

- Наибольшее напряжение накала, В 6,9
- Наименьшее напряжение накала, В 5,7
- Наибольшее напряжение на аноде, В 330
- Наибольшее напряжение па второй сетке, В 140
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде, Вт 2,8
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на второй сетке, Вт 0,7
- Наибольшее постоянное напряжение между катодом и подогревателем, В 100
- Наибольший ток утечки между катодом и подогревателем, мкА 20



Анодные характеристики в штатном (пентодном) включении при напряжении на второй сетке 100 В
 _____ ток анода - - - - ток второй сетки



Анодные характеристики в триодном включении

Усилитель на 6Ж8 получается сравнительно экономичным, как по цепи анодного питания, так и по накалу. Катод лампы 6Ж8 имеет одну конструктивную особенность: расстояние между активной частью катода и подогревателя чрезвычайно мало, поэтому при питании накала переменным током невозможно избавиться от фона 50 Гц. В старинных справочниках по этой причине прямым текстом не рекомендуется использовать эту лампу в первых каскадах микрофонных усилителей. Но накал можно выпрямить. Для современного состояния радиопромышленности это не составляет никакого труда. При этом блок питания, во избежание наводок, у этого корректора должен быть в отдельном корпусе. Далее, превышать при триодном включении напряжение на аноде 140 вольт категорически воспрещается. Но если поставить в цепь сетки второй резистор в 100-200 Ом можно довести этот показатель до 150 В. Исходя из этого рождаются требования к питанию устройства. Принципиальная схема корректора показана на рис.27.

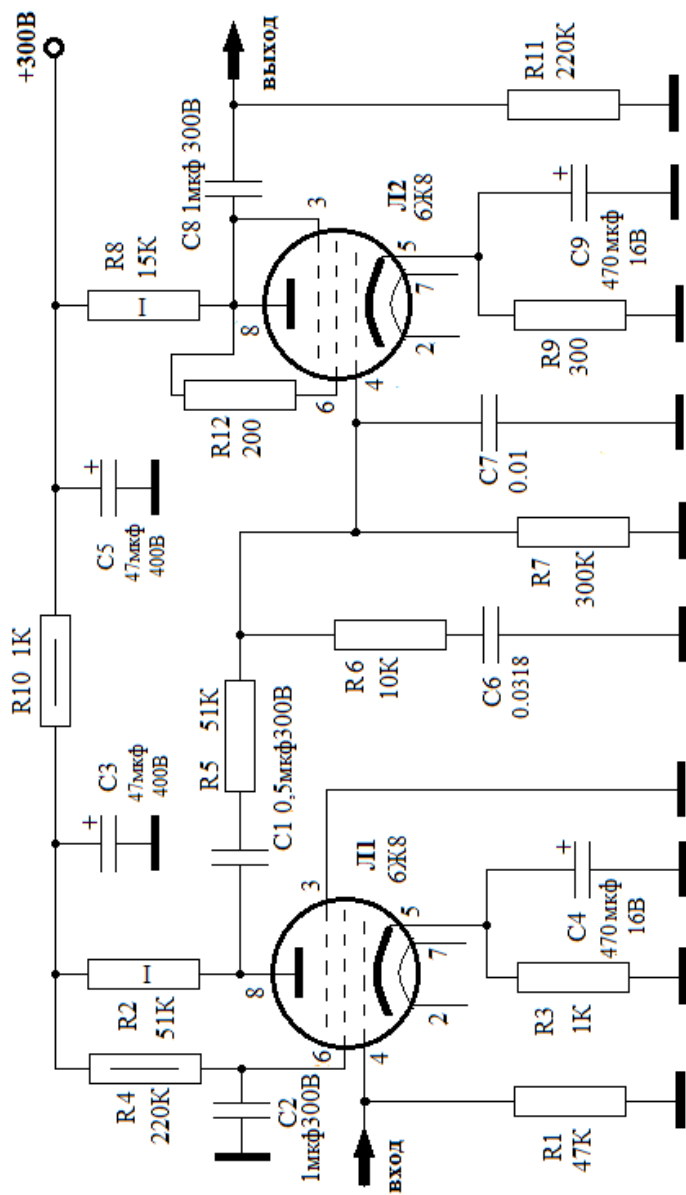
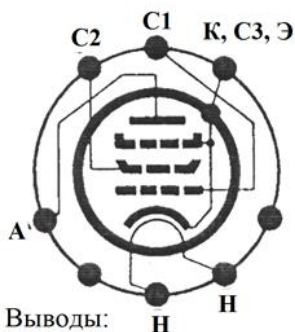


Рис.27
125

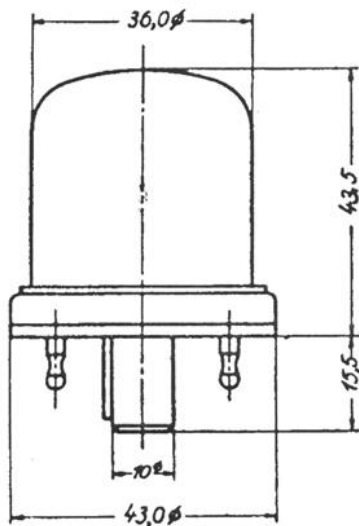
DRANG NACH OSTEN? NEIN, NACH WESTEN!

Куда же двигаться дальше? В аудиофильской среде ходит слух, что некогда сам профессор пропаганды фашистской Германии Йозеф Геббельс что-то нашептывал над станками фирмы Телефункен, и провода под его магическими пассажами становились особенно музыкальными, просто гипнотическими. Поэтому де обладают лампы, сделанные для Вермахта, особым чудо-звуком. Да, русский человек обладает особым отношением к германцу, 1000 лет совместной истории никуда не денешь. Смотришь на лампы, которые в простонародье почему-то называют «черепашками», и понимаешь, что при виде этих касочек (есть в них какая-то тевтонская звериная красота) восстает в душе что-то лютое и в то же время чуть ли не братское, аж руки чешутся, как чесались руки воинов Александра Невского, которые смотрели на шелома кнехтов, как сжимались кулаки наших прадедов при виде кайзеровских шлемов, и когда обрушивались нашими дедами в рукопашном бою саперные лопатки на фашистские каски. Участники холодной войны тоже имеют свое мнение на этот счет. Вот и я в училище учил язык вероятного противника. В моем случае как раз немецкий. Такие вот у нас с ними обычные соседские взаимоотношения. Лишь они и мы топтали всю Европу своими сапогами. Правда с разными целями, но технари они хорошие. Так вывезла нас аудиофильская кривая к немецким лампам EF11 и EF14.

EF11 Стальной высокочастотный пентод для усиления высокой и промежуточной частот.



Выводы:
 2-накал
 3-накал
 5-анод
 6- сетка вторая
 7-сетка первая
 8- катод, третья сетка, экран



Цоколь специальный DIN 41509, Stahl 8 Grosse23
 (Евро-8).

Накал косвенный, напряжение накала. 6,3 В

Ток накала 200 мА

Емкости: а) в пентоде $C_{вх} = 6,1$ пф, $C_{вых} = 6,5$ пф, $C_{прох}$ -
 менее 0,002 пф.

Нормальные эксплуатационные характеристики:

Напряжение на аноде 250/200/100 В

Напряжение на второй сетке 100 В

Напряжение на первой сетке -2 В

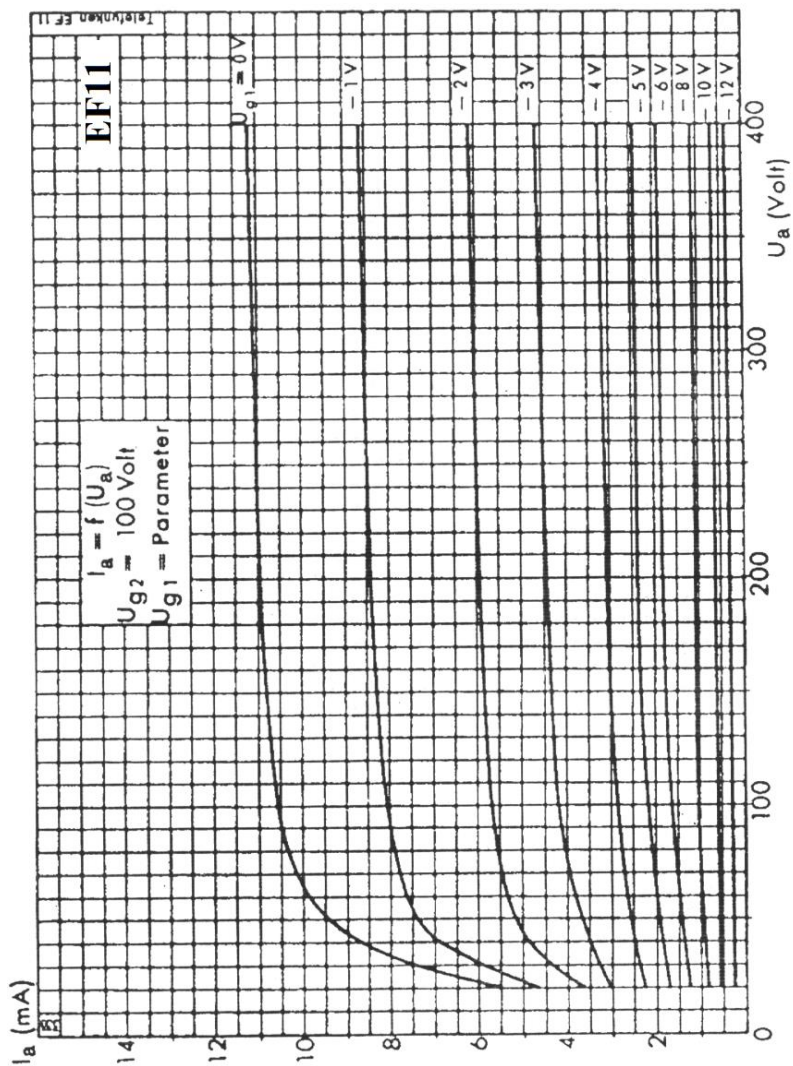
Ток анода. 6 мА

Ток второй сетки	2,2 мА
Крутизна характеристики	2,2 мА/В
Внутреннее сопротивление	3/ 2/ 0,4 МОм

Предельные эксплуатационные характеристики.

Напряжение на аноде при запертой лампе.	550 В
Напряжение на аноде	300 В
Напряжение на второй сетке при запертой лампе.	550 В
Напряжение на второй сетке при $I_a=6\text{мА}$	125 В
Напряжение на второй сетке при $I_a \leq 3\text{мА}$	300 В
Мощность, рассеиваемая на аноде.	2 Ватта
Мощность, рассеиваемая на второй сетке	0,3 Ватта
Ток катода	10 мА
Напряжение между катодом и подогревателем	100 В
Внешнее сопротивление между катодом и подогревателем	20 кОм

Существуют рекомендации фирмы Телефункен по применению лампы в низкочастотных усилителях. Но они исходят из показаний экономичности (рекомендуемые напряжения питания не превышают 250 В).



Зависимость тока анода от напряжения на аноде при $U_{c2}=100 \text{ В}$.

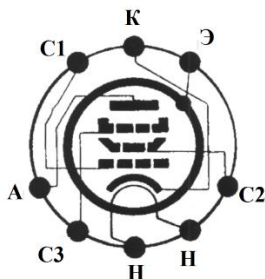


Лампы EF11, EF14 выпускались и после войны. Так производственное объединение RFT(ГДР) выпускало эти лампы в стеклянном баллоне с графитовым покрытием.

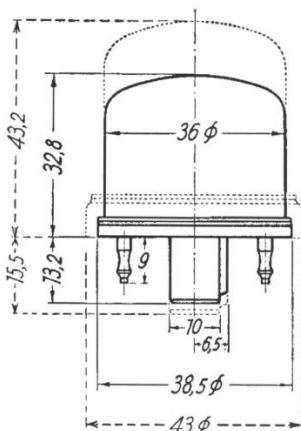


EF14 Telefunken

Стальной малошумящий пентод



Цоколевка и габаритные размеры лампы



Цоколь специальный DIN 41509, Stahl 8 Grosse23 (Евро-8).

Накал косвенный, напряжение накала. 6,3 В

Ток накала 470 мА

Емкости: а) в пентоде $C_{вх} = 9 \dots 10$ пф, $C_{вых} = 7,6 \dots 8,8$ пф, $C_{прох} \leq 0,01$ пф.

б) в триоде $C_{вх} = 9 \dots 10$ пф, $C_{вых} = 9,4 \dots 10,6$ пф, $C_{прох} \leq 0,15$ пф.

1.Условия применения:

Лампа может работать только с автоматическим смещением!

а) Экранирующая сетка на катоде (широкополосное усиление)

Напряжение на аноде 250 В

Напряжение на третьей сетке. 0 В

Напряжение на второй сетке 200 В

Напряжение на первой сетке -4,5 В

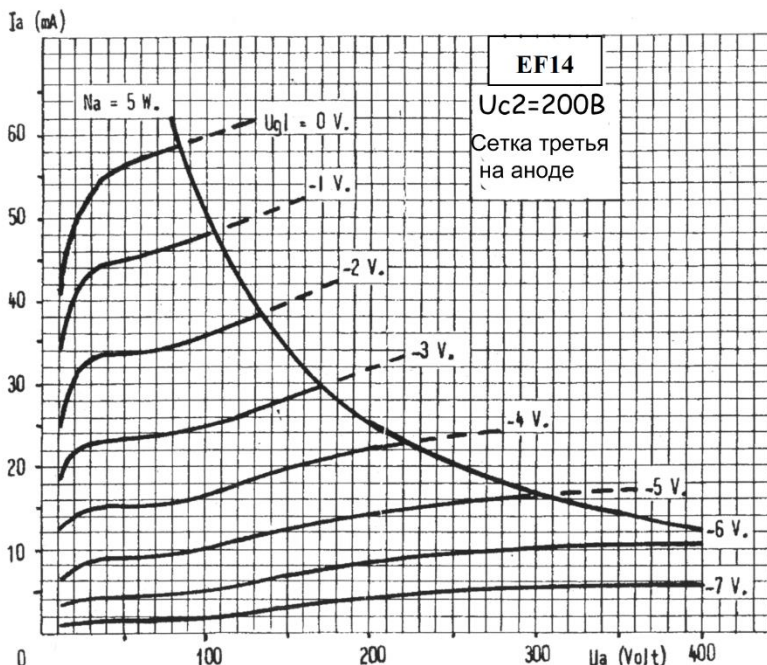
Ток анода	12 мА
Ток второй сетки	1,7 мА
Крутизна характеристики.	7 мА/В
Внутреннее сопротивление.	200 кОм
Эквивалентное сопротивление шумов	1 кОм
Сопротивление в цепи катода	300 Ом.

б) Третья сетка на аноде (антенный усилитель)

Напряжение на аноде	250 В
Напряжение на третьей сетке	0 В
Напряжение на второй сетке	200 В
Напряжение на первой сетке	-4,5 В
Ток анода ($I_{c1}+I_{c3}$)	18 мА
Ток второй сетки	1,6 мА
Крутизна характеристики.	9.5 мА/В
Внутреннее сопротивление	30 кОм
Эквивалентное сопротивление шумов.	600 Ом
Сопротивление в цепи катода	220 Ом.

4.Предельные эксплуатационные характеристики.

Напряжение на аноде при запертой лампе.	550 В
Напряжение на аноде.	300 В
Напряжение на третьей сетке при запертой лампе.	550 В
Напряжение на третьей сетке	300 В
Напряжение на второй сетке при запертой лампе.	550 В
Напряжение на второй сетке	200 В



Зависимость тока анода от напряжения на аноде при $U_{с2} = 200 В$, сетка третья соединена с анодом

- Мощность, рассеиваемая на аноде. 5 Ватт
- Мощность, рассеиваемая на второй сетке 0,7 Ватт
- Максимальное сопротивление в цепи
 первой сетки 500 кОм
- Ток катода. 30 мА
- Напряжение между катодом и подогревателем. 100 В
- Внешнее сопротивление между катодом и подогревателем. . . . 20 кОм

Просто сделать корректор по типу предыдущей схемы было не интересно. Лампы-то крутые. Хотелось чего-то большего. Например, чтобы басы были могучими. Один из путей, улучшения передачи низших частот – применение схем с непосредственными связями. При этом может возникнуть побочный эффект, заключающийся в том, что коробленные пластинки будет особо неприятно слушать, поскольку такой усилитель усиливает частоты, которые ниже частоты звукового диапазона. То есть коллекционерам, которым важны редкие артефакты, такой корректор может и не подойти. Но и эту сложность можно плавно обойти, если сгладить АЧХ в нижней части применением выходного трансформатора. Как уже говорилось выше, межкаскадный трансформатор ТАМУРА у нас был. Так возник замысел: фонокорректор с непосредственной связью между каскадами, трансформаторным выходом, в первом каскаде пентод EF11 в штатном включении, во втором каскаде пентод EF14 включенный триодом.

ФОНОКОРРЕКТОР EF11+EF14

Технические характеристики (стереовариант):

Тип коррекции грамзаписи RIAA
Напряжение питания анодное +400 В
Напряжение накала постоянное 6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода 50 мА
Ток, потребляемый по цепям накала 1,35 А
Выходное напряжение на нагрузке
10 кОм при сигнале на входе 5 мВ 0,5 В
Источник питания БП №4

Принципиальная схема корректора показана на рис.28. Накали лампы необходимо однозначно питать постоянным током, в противном случае наводку 50 Гц от подогревателя не устранить.

Режим выходной лампы обеспечивается регулировкой напряжения на аноде первой лампы при помощи переменного резистора R7. Ток, протекающий по цепи +400В, лампа EF14, R8, -400В и зависящий от отношения напряжения на аноде Л1 к напряжению на катоде Л2, вызывает падение напряжения на резисторе R8. Контролируют установление рабочего режима по падению напряжения на резисторе R8. То есть на катоде Л2 должно быть установлено напряжение +200 В.

**Звучит этот корректор так же, как корректор на
6Ж4+6Н8С!!!**

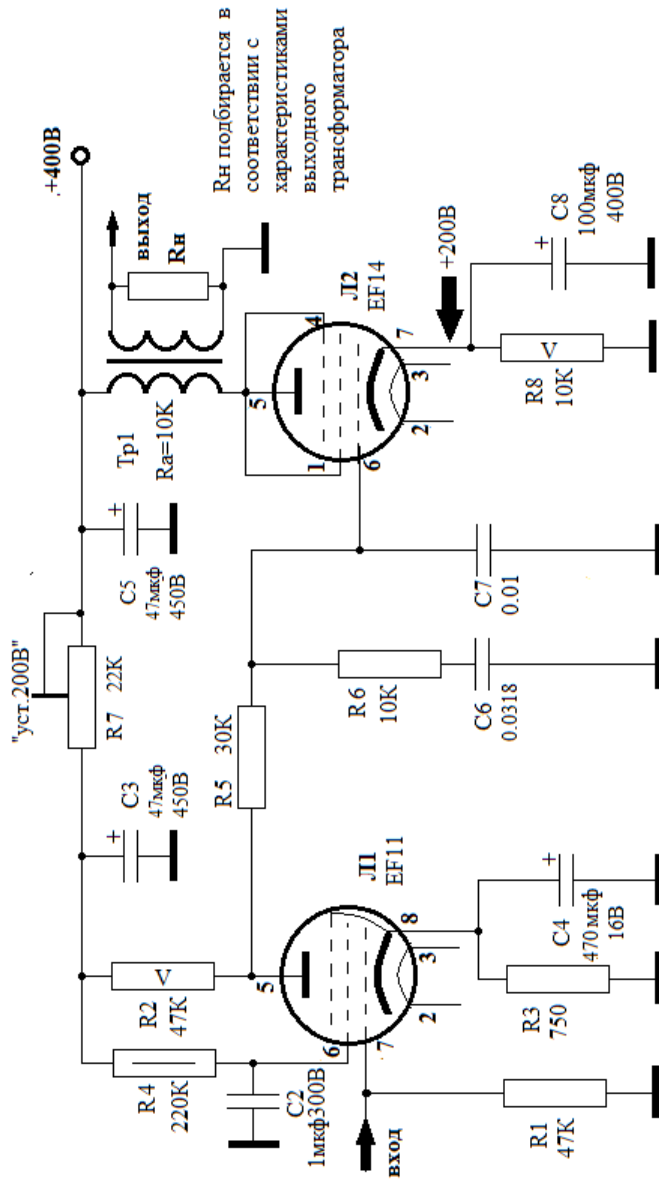


Рис.28

Вот это номер! – сказали мы. Стоил ли таких потуг и материальных затрат наш эксперимент, чтобы его рекомендовать кому-то? Считаем:

1. лампы совсем не дешевые;
2. панельки редкие и дорогие;
3. фирменный трансформатор – не всем доступен;
4. итог хорош, но не лучше ожидаемого и того, что уже имели.

Уныние нас не взяло, мы просто пожали плечами, порассуждали о превратностях инженерной мысли и феномена, именуемого музыкой, и решили сделать и прослушать корректор, в котором лампы будут работать в режимах, рекомендованных фирмой Телефункен для НЧ-усилителей. Рис.29.

ФОНОКОРРЕКТОР КЛАССИЧЕСКИЙ EF11+EF14

Технические характеристики (стереовариант):

Тип коррекции грамзаписи	RIAA
Напряжение питания анодное	+250 В
Напряжение накала постоянное	6,3 В
Ток, потребляемый по цепям анода	25 мА
Ток, потребляемый по цепям накала	1,35 А
Выходное напряжение на нагрузке	
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ	0,5 В
Источник питания	БП №1, №2

Звук практически такой же, как у «немца» с непосредственными связями. Если сильно прислушиваться, можно отметить в целом более четкую стереокартину. Что было вполне предсказуемо.

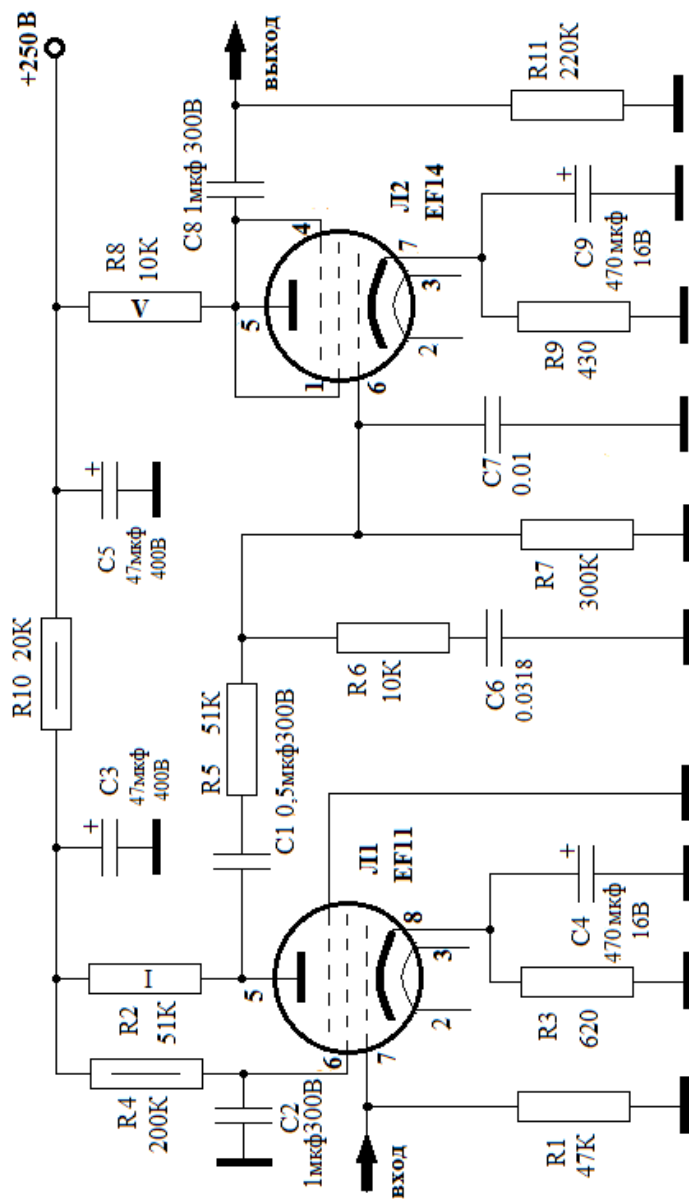
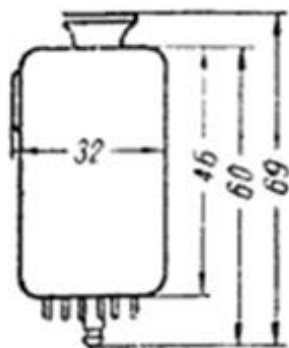


Рис.29

РАЗДЕЛ 5

ПОСЛЕДНЯЯ ИНСТАНЦИЯ. КОНСТРУКЦИИ НА ЛАМПАХ 12Ж1Л



Внешний вид, габариты и условные обозначения лампы 12Ж1Л и панелек к ней

Лампа 12Ж1Л универсальный ВЧ пентод с короткой характеристикой. Существуют полные аналоги лампы 12Ж1Л как по конструкции, так и по характеристикам, отличающиеся лишь напряжением и током накала: 4Ж1Л ($U_n=4.2$ В, $I_n=225$ мА) и 10Ж1Л ($U_n=10$, В $I_n=90$ мА). Зарубежных аналогов нет, существует прототип фирмы Telefunken, созданный для нужд Вермахта: RV12P2000. В руках держать эту лампу мне довелось, но собрать на ней корректор не было возможности, так как была лишь одна штука. Поэтому как она ведет себя звуке сказать не могу. Кстати, в России найти немецкую лампу времен войны легче, чем в Германии.

Особенность лампы 12Ж1Л – практическое отсутствие микрофонного эффекта и фона. Звуковая сигнатура великолепна как в пентодном, так и триодном включениях. К тому же и стоит недорого. На мой взгляд, лучшая лампа для фонокорректоров и входных каскадов разнообразных усилителей. Да и для применения в радиоприемниках.

При триодном включении 4Ж1Л (12Ж1Л) Соединить между собой анод, сетки вторую, третью и внутренний экран!!!

При пентодном включении - активное сопротивление в цепи первой сетки не должно превышать 100 кОм во избежание появления токов утечки.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД С КОРОТКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКОЙ**

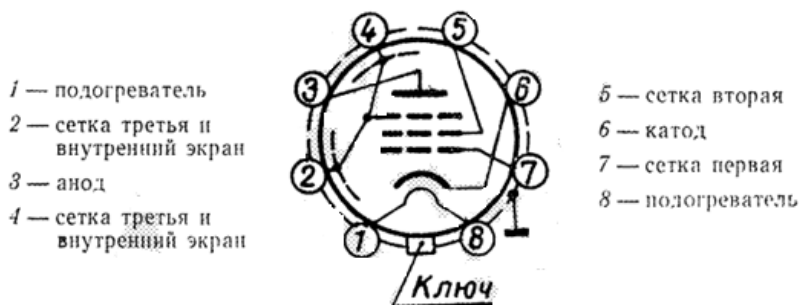
12Ж1Л

Основное назначение- усиление напряжения и мощности,
генерирование колебаний высокой частоты (до 200 МГц).

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод- оксидный на плоской ножке с внешним металлическим экраном
Вес наибольший. 35 грамм

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (~ или =)..... 12,6 В
Ток накала..... 75+15 мА
Напряжение анода(=)..... 150 В
Напряжение второй сетки..... 75 В
Напряжение третьей сетки..... 0В
Ток анода..... 2,35+0,95 мА
Ток анода в начале характеристики..... не более 100 мкА

Нулевой ток анода	$6,8^{+2,2}_{-2,05}$ ма
Ток сетки второй	$0,55 \pm 0,35$ ма
Выходная мощность Δ	не менее 0,5 вт
Крутизна характеристики	$1,65 \pm 0,45$ ма/в
Проницаемость в триодном включении \square	5%
Напряжение отсечки электронного тока сетки первой (отрицательное) ∇	$0,6 \pm 0,6$ в
Внутреннее сопротивление: \circ	
для 90% ламп	не менее 0,8 Мом
для 10% ламп	не менее 0,7 Мом
Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов \circ	4,5 ком
Напряжение виброшумов \square	не более 150 мв (эфф.)
Долговечность (при годности 90%):	
при напряжении анода и сетки второй 220 в	не менее 2000 ч
при напряжении анода 150 в и сетки второй 75 в	не менее 3000 ч
Критерии долговечности:	
нулевой ток анода	не менее 3,8 ма
крутизна характеристики	не менее 1 ма/в

* При напряжении сетки первой минус 7 в.

Δ При напряжении анода и сетки второй 250 в, переменном напряжении сетки первой 2,8 в (эфф.), сопротивлении в цепи катода 500 ом, сопротивлении в цепи анода 35 ком и сопротивлении в цепи сетки второй 20 ком.

\square При напряжении анода и сетки второй 125 в.

∇ При токе сетки первой 0,3 мка.

\circ При токе анода 2 ма.

\square На сопротивлении в цепи анода 10 ком, при вибрации с частотой 50 гц и ускорением 8 г.

МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ

Входная	$3,7^{+0,3}_{-0,3}$ пф
Выходная	$4,0 \pm 0,35$ пф
Проходная	не более 0,007 пф
Анод — катод	не более 0,007 пф

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$)	
наибольшее	14,6 в
наименьшее	10,8 в
Наибольшее напряжение анода ($=$)	250 в

Наибольшее напряжение анода в момент включения (=)	300 в
Наибольшее напряжение сетки второй (=)	225 в
Наибольшее напряжение сетки второй в момент включения (=)	300 в
Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом	2 вт
Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй	0,7 вт
Наибольший ток катода	11 ма
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем (=)	100 в

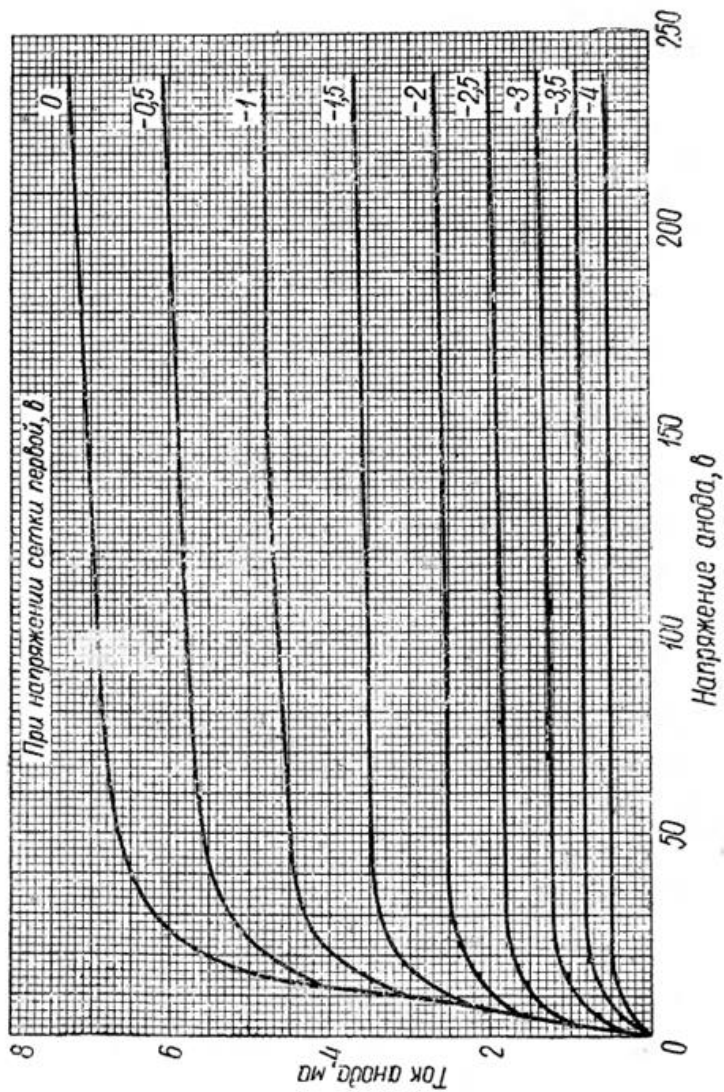
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 70° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре 20° С	95—98%
Вибропрочность	5 г
Виброустойчивость	8 г
Гарантийный срок хранения в складских условиях	4 года

Примечание: характеристики такие же как у 4Ж1Л, 10Ж1Л.

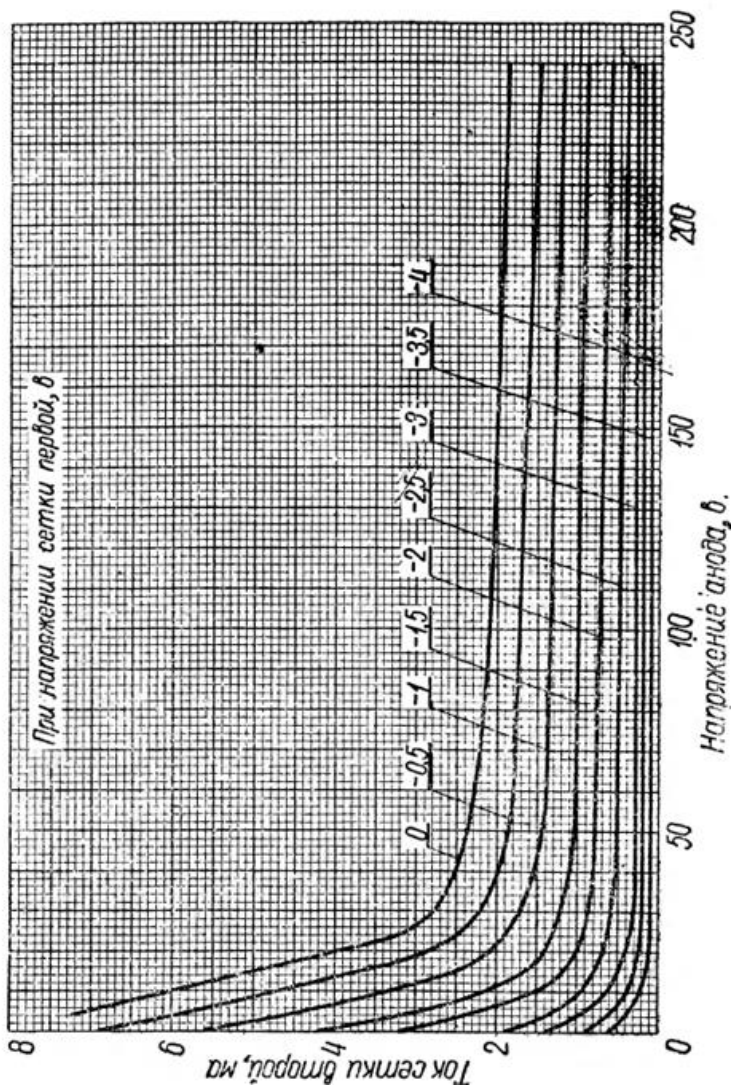
УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение накала 12,6 в
 Напряжение сетки второй 75 в
 Напряжение сетки третьей 0



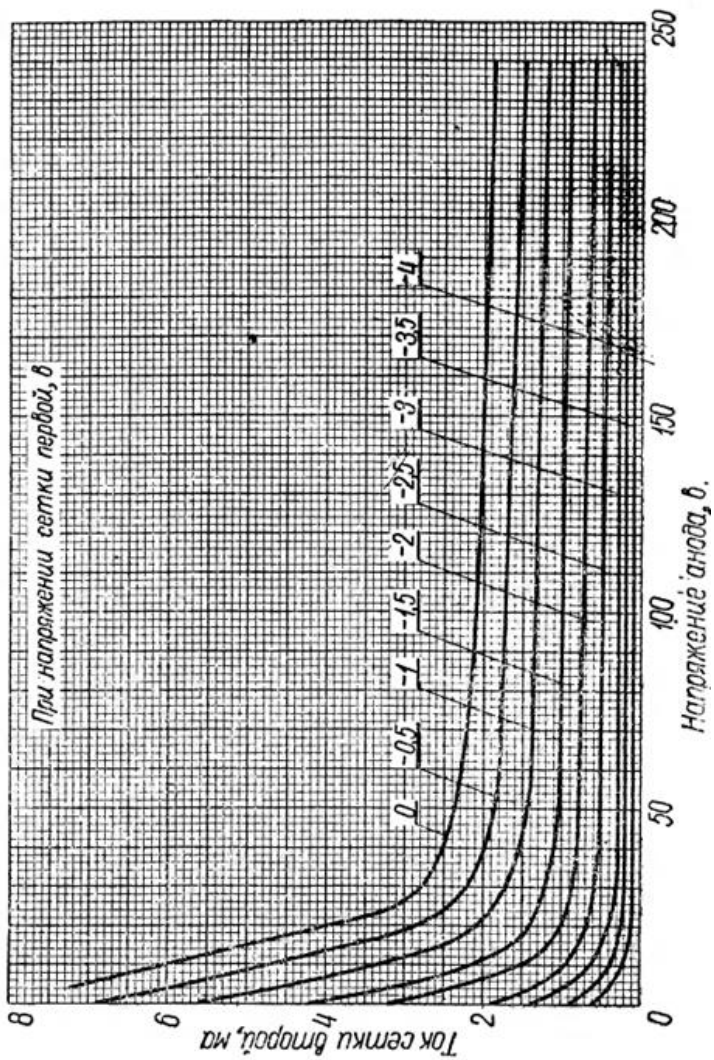
УСРЕДНЕННЫЕ СЕТОЧНО-АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение накала 12,6 в
 Напряжение сетки второй 75 в
 Напряжение сетки третьей 0

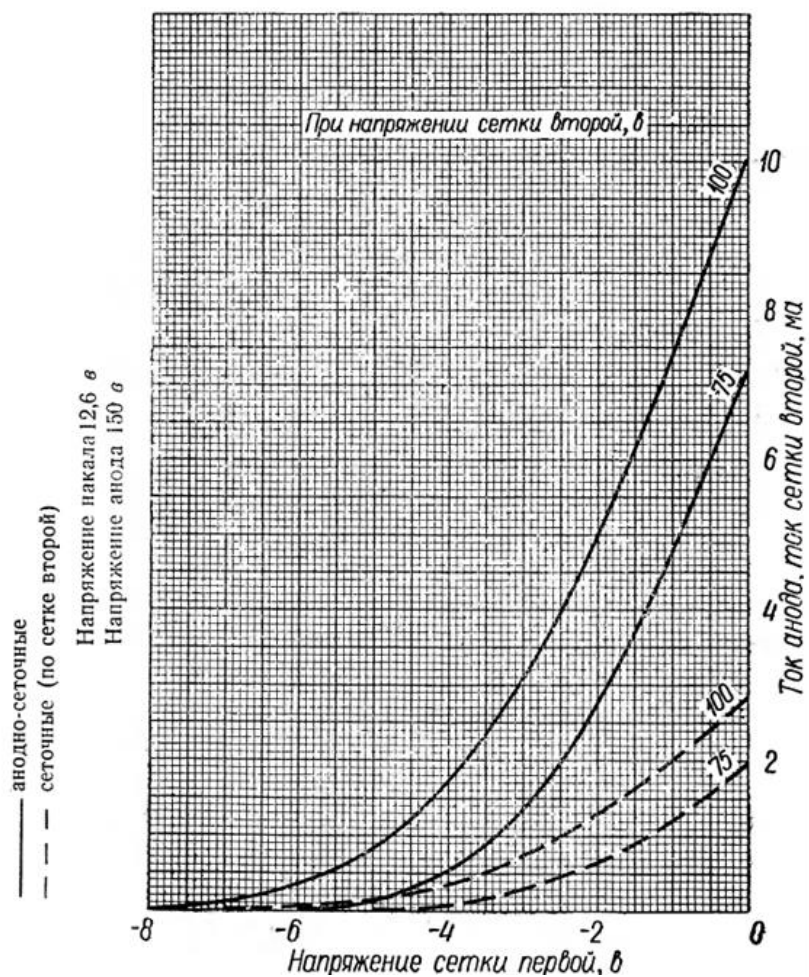


УСРЕДНЕННЫЕ СЕТОЧНО-АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение накала 12,6 в
 Напряжение сетки второй 75 в
 Напряжение сетки третьей 0

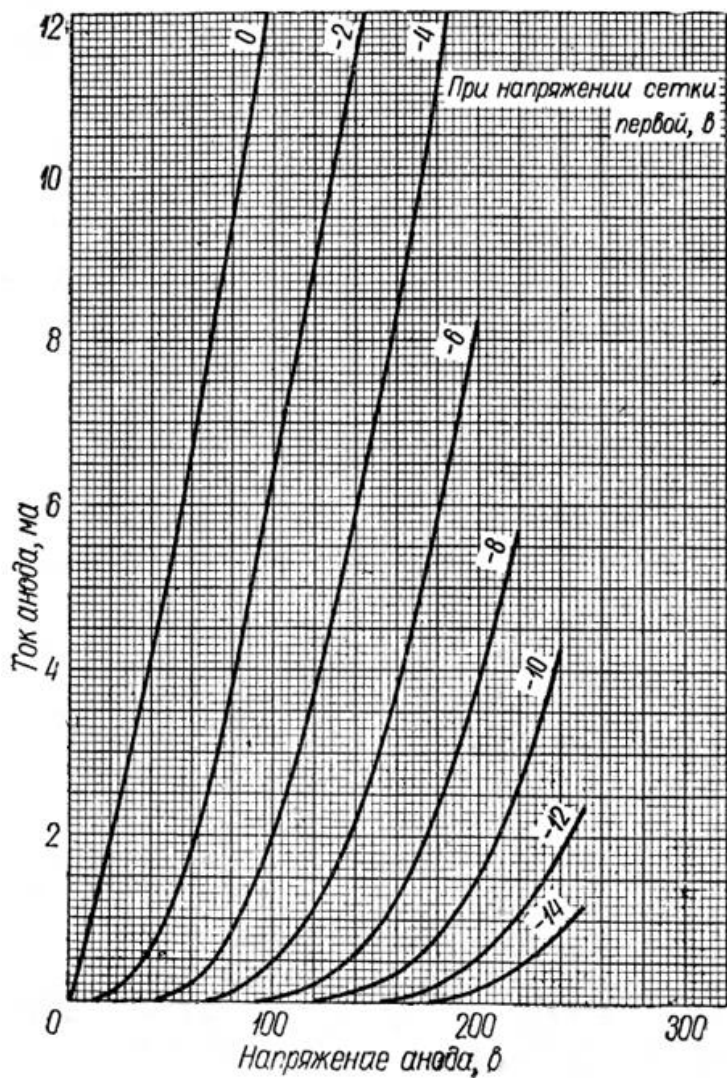


УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ



УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
(триодное включение)

Напряжение накала 12,6 в



ФОНОКОРРЕКТОР

Технические характеристики:

Тип коррекции грамзаписи RIAA
Напряжение питания анодное +300 В
Напряжение накала постоянное 12 В
Ток, потребляемый по цепям анода15 МА
Ток, потребляемый по цепям накала 300 МА
Выходное напряжение на нагрузке
220 кОм при сигнале на входе 5 мВ 0,75 В
Рекомендуемый источник питания БП №3.

Фонокорректор (Рис.30) представляет собой двухкаскадный усилитель с классической сосредоточенной цепью коррекции по стандарту RIAA. Цепь коррекции находится между каскадами, собранными на лампах 12Ж1Л (4Ж1Л), причем в первом каскаде лампа имеет штатное пентодное включение, а во втором – триодное

Некоторые рекомендации по монтажу корректора. Общие провода, экраны ламп соединяются в одной точке вблизи входных гнезд. Если корпус корректора сделан из изоляционного материала, то никаких особенностей нет, если же корпус металлический, то входные гнезда должны быть изолированы от корпуса. Точку соединения металлического корпуса корректора с общей шиной питания подбирают экспериментально. В случае применения ламповых панелей в виде стакана

она образуется автоматически контактом стакана с шасси.

Соединительный разъем для подключения источника питания может быть любым, главное, чтобы в нем было не менее 5 контактов (два для накальных цепей, один общий и два - для анодных цепей каналов). Минус питания накала соединить с минусом цепи анодного питания в корпусе корректора (если блок питания выполнен в виде отдельного блока).

Если хочется иметь мультисистемный корректор, то можно схему усложнить, введя в нее переключатель цепей коррекции. На рис.31 приведена схема на пять стандартов грамзаписи: **IEC N78, Columbia LP M33, London M33&M45, TELDEC, RIAA.**

Любители экспериментов могут собрать и оценить корректор с формированием постоянной времени τ_1 на собственной индуктивности головки. Следует оговорить, что делать такой корректор имеет смысл при следующих ограничивающих условиях:

1. $R_1/(R_1+R_{гзм})>0,5$;
2. емкость входа быть минимальной, и, если параллельно выходу проигрывателя включен конденсатор, его надо удалить, или сделать отключаемым.

Схема такого аппарата представлена на рис.32.

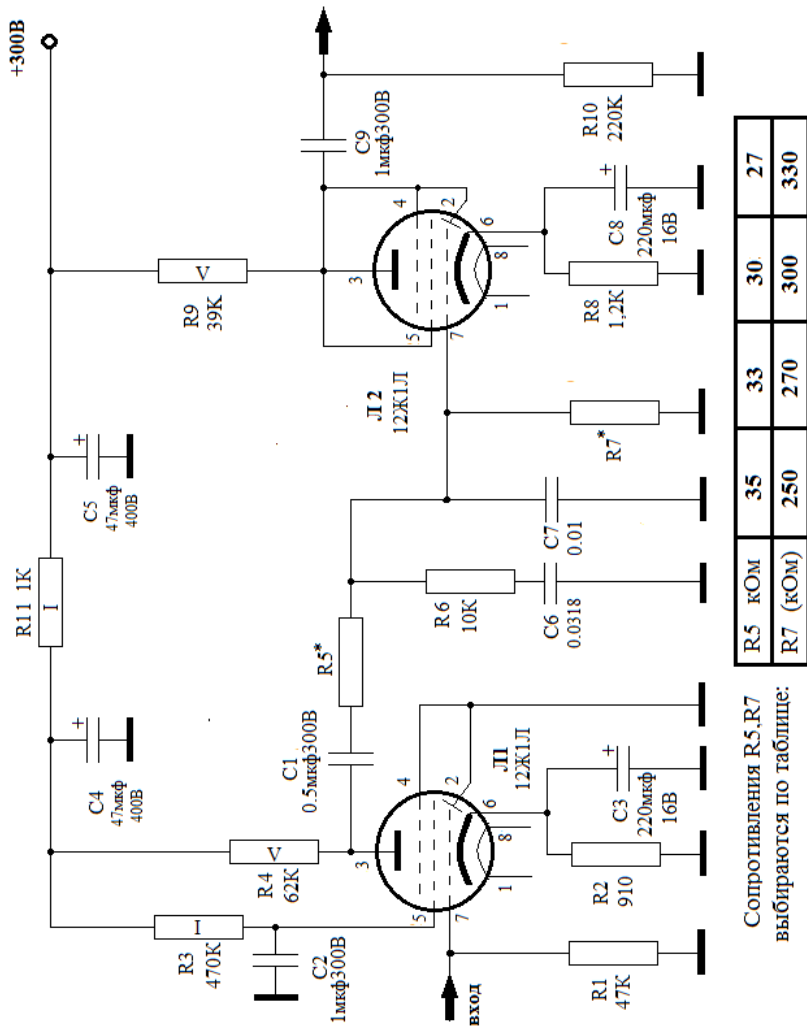


Рис.30. Простейший корректор на лампах 12Ж1Л.

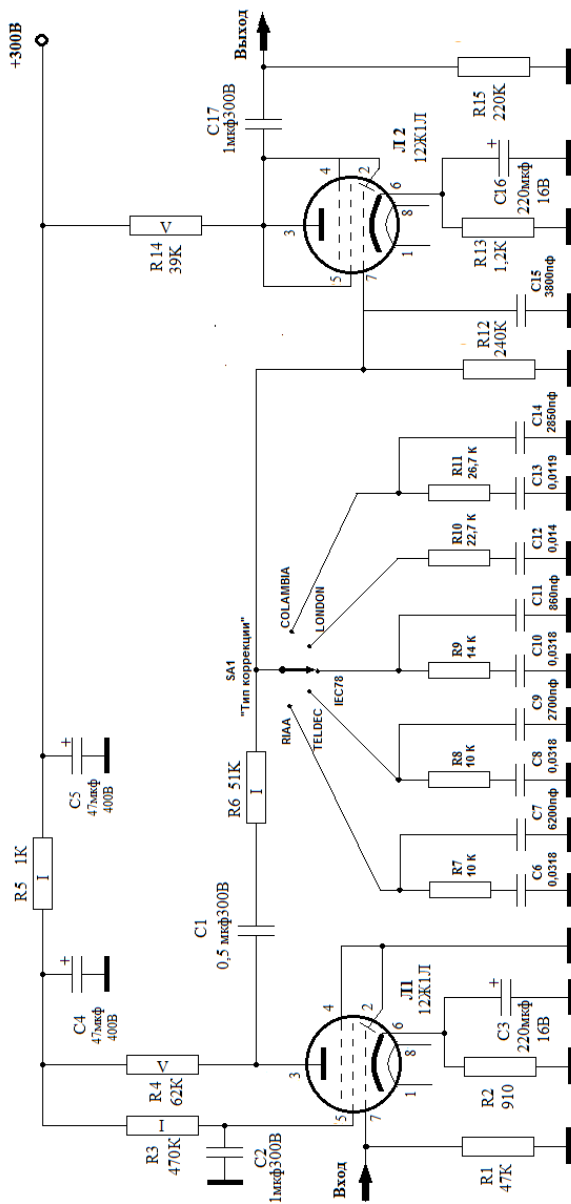
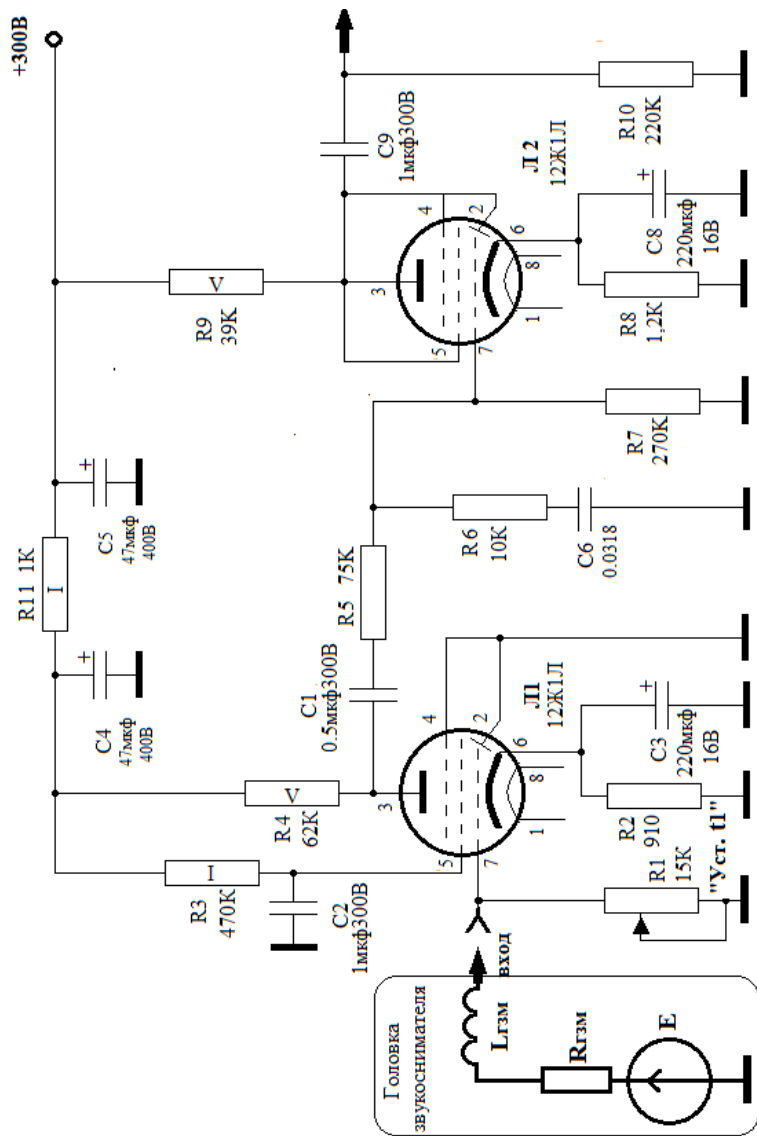


Рис.31. Корректор на пять стандартов грамзаписи.



При помощи R1 настраивается постоянная времени t_1 равная 75 мкс.

Рис.32

Однако, в природе существует еще один зверь, который может представлять для кого-нибудь интерес. Это фонокорректор для звукоснимателей с подвижной катушкой (МС-головки).

Как известно, существуют два типа электродинамических головок звукоснимателей для проигрывания грампластинок:

1. головки с подвижным магнитом ММ;
2. головки с подвижной катушкой МС.

Вторые считаются более «правильными». И стоят они гораздо дороже первых. Есть, правда, у них существенный недостаток —малый уровень снимаемого с них сигнала. В большинстве моделей этот уровень лежит в диапазоне 0.4-0.8 милливольт, следовательно, для таких головок необходим корректор с большим усилением. На практике эту задачу решают двумя способами:

1. применение на входе корректора повышающего трансформатора;
2. применение дополнительного каскада усиления.

Каждый из этих способов, с точки зрения инженера, имеет свои достоинства и недостатки.

При применении входного трансформатора корректор имеет низкий уровень шумов, подводимых от

входа к выходу. При этом теряется универсальность, так как трансформатор должен быть рассчитан под конкретные параметры головки. Понятно, что при этом имеются определенные допуски.

При применении дополнительного каскада усиления возрастают шумы корректора, зато корректор становится «всеядным», так как не представляет никакой технической сложности сделать на входе корректора регулятор входного сопротивления дискретного типа или с плавной перестройкой.

При снятии АЧХ разницы между корректорами с трансформатором на входе и бестрансформаторными заметить невозможно. Но, вот, мы оставили приборы и включили музыку... Отличия существенные. Выскажу **свое мнение** о результатах эксперимента (они, кстати, совпали с **моими** теоретическими размышлениями). Ортодоксы от аудиофилии и меломании могут заранее запастись помидорами и яйцами. Буду просто счастлив, ибо «горе вам, когда все люди будут говорить о вас хорошо».

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.

По желанию заказчика было собрано два МС-корректора. Один по схеме, представленной на рис. 33 с повышающим трансформатором на входе, а второй по бестрансформаторной схеме с рис.34. Источник питания БП №3, обеспечивающий нестабилизированное

анодное напряжение +300В при стабилизированном накале 12 В. Источник сигнала: МС-головка Clearaudio CONCERTO V2 МС. Оконечные усилители AudioNote PP1 и самодельный однотактный усилитель 4Ж1Л+ ГУ-15. Акустическая система НЕСО Direkt. Сравнивались эти корректоры с промышленным аппаратом Aesthetix Rhea, Rh. Signature американской компании Aesthetix Audio Corporation. Понятное дело, по потребительским качествам (наличие ДУ, заводское исполнение и т.д.) Aesthetix Rhea превзошел обе самоделки.

Сравнение Aesthetix Rhea и корректора с МС-трансформатором на входе.

Сразу бросилось в глаза, точнее, в уши, что Aesthetix Rhea выиграл по басам, но вчистую проиграл по шумам. Шумы у Aesthetix, мягко сказать, порядочные. Что, впрочем, было предсказуемо. На средних частотах корректоры практически равноценны, предпочтения на уровне вкуса, кому-то нравится американец, кому-то наш. По верхним частотам Aesthetix проиграл, звучит, по сравнению с нашим, грязновато.

Сравнение Aesthetix Rhea и трехкаскадного корректора

Это соревнование Aesthetix Rhea проиграл во всем диапазоне частот. По шумам, конечно, не так сильно, как предыдущему, но проиграл.

Сравнение трехкаскадного корректора и корректора с трансформатором на входе.

Корректор с трансформатором на входе оказался лучше трехкаскадного только по уровню шумов. Во всем остальном впереди трехкаскадный бестрансформаторный корректор. Заказчик слушает только его, корректор с МС-трансформатором лежит в запасе.

ВЫВОД: бестрансформаторный МС-корректор предпочтительнее корректора с МС-трансформатором на входе. Но для тех, кто не согласен с моими доводами, в разделе Приложения предлагается методика расчета и самостоятельного изготовления МС-трансформатора.

ФОНОКОРРЕКТОР

**для МС-головки с повышающим трансформатором
на входе.**

Технические характеристики:

Тип коррекции грамзаписи RIAA

Напряжение питания анодное +300 В

Напряжение накала постоянное 12 В

Ток, потребляемый по цепям анода 15 мА

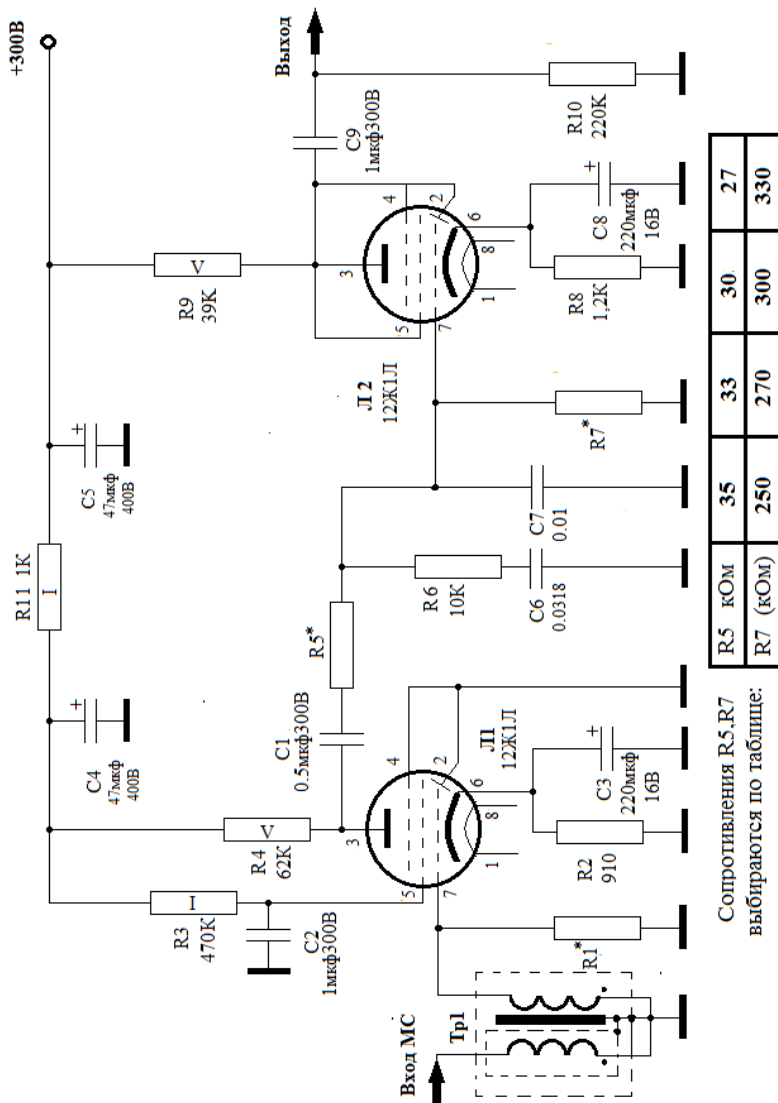
Ток, потребляемый по цепям накала 300 мА

Выходное напряжение на нагрузке

220 кОм при сигнале на входе 0,5 мВ 0,7 В

**Для всех трех приведенных ниже корректоров
используется источник питания БП №3.**

Фонокорректор (*Рис.33*) представляет собой рассмотренный ранее корректор на лампах 12Ж1Л, с той только разницей, что на входе стоит повышающий трансформатор. Сопротивление R1 рассчитывается по методике, приведенной в главе по расчету МС-трансформаторов.



Р5 КОМ	35	33	30	27
Р7 (КОМ)	250	270	300	330

Сопротивления R5, R7
выбираются по таблице:

Рис.33. МС-корректор с трансформатором на входе

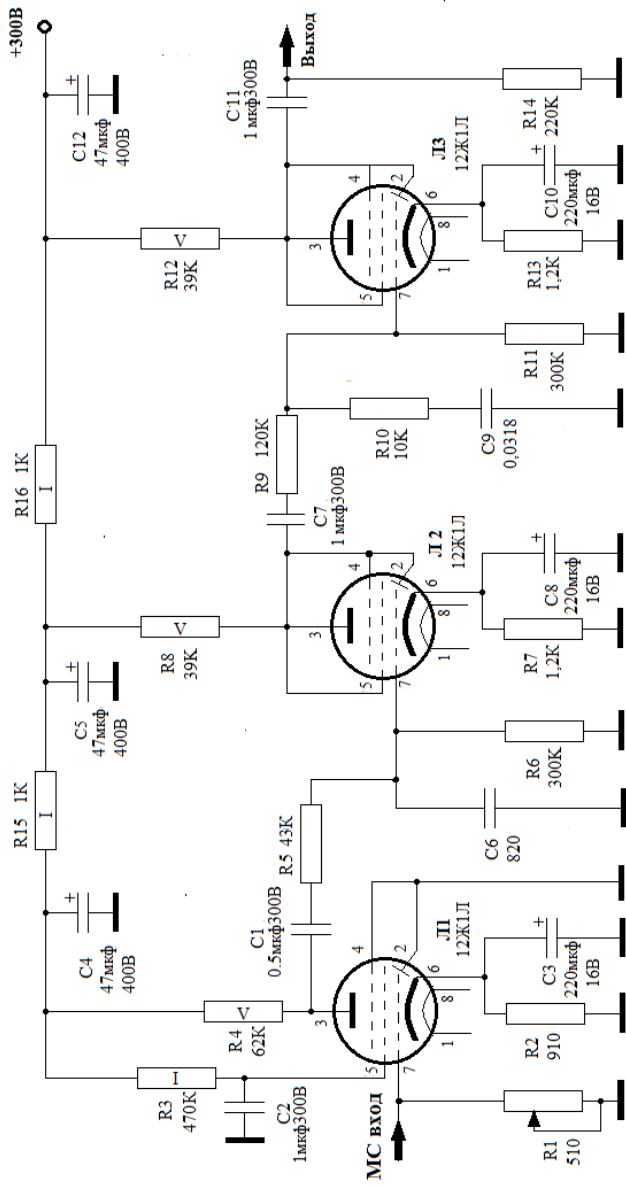
ФОНОКОРРЕКТОР

С дополнительным каскадом усиления на входе.

Технические характеристики

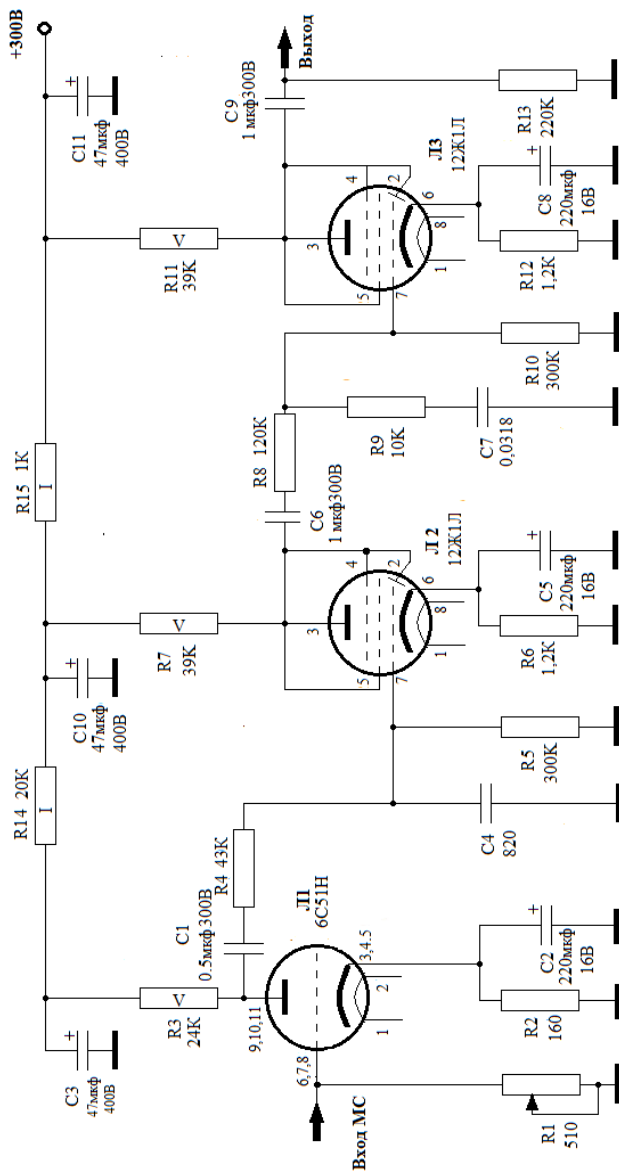
Тип коррекции грамзаписи..... RIAA;
Напряжение питания анодное, В +300;
Напряжение накала постоянное, В 12;
Ток, потребляемый по цепям анода, мА 30;
Ток, потребляемый по цепям накала, мА 450;
Выходное напряжение на нагрузке
220 кОм при сигнале на входе 0,5 мВ, В 1,4.

Дополнительный каскад на входе позволил осуществить распределенную по каскадам коррекцию постоянных времени. Это упрощает настройку аппарата, и, на мой взгляд, улучшает детализацию воспроизведения грамзаписей. Естественно, увеличился ток потребления как по анодным, так и по накальным цепям. Недостаток этого корректора – повышенный собственный шум, по сравнению с предыдущим аппаратом. Если Вам покажется, что шум излишен, то можно собрать корректор по схеме, показанной на рис.35. В первом каскаде этого корректора применен нувистор 6С51Н. Шум при этом становится на порядок меньше, но несколько изменяется характер звучания на басах. Оно становится несколько «жестче». Для того, чтобы не усложнять блок питания при применении нувисторов, цепи накала первых каскадов правого и левого каналов соединить последовательно и подать на них 12 В. При этом ток накала корректора остается прежним: 450 мА.



Сопротивлением R1 устанавливают оптимальную для МС-головки нагрузку.

Рис.34. Бестрансформаторный МС-корректор.



Сопротивлением R1 устанавливают оптимальную для МС-головки нагрузку.

Рис. 35. МС-корректор с нувистором на входе

И вот, возникает искушение, зачем делать отдельно корректор для ММ- и МС- головок? А нельзя ли соединить все в одном, и мультисистемность по видам коррекции и всеядность по типам головок? И, как говорится, глаза боятся, руки – делают. Все получилось без особых осложнений.

ФОНОКОРРЕКТОР «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ»

Технические характеристики:

Тип коррекции мультисистемный;

Напряжение питания анодное, В +300;

Напряжение накала постоянное, В 12;

Ток, потребляемый по цепям анода, мА 30;

Ток, потребляемый по цепям накала, мА 450;

Выходное напряжение на нагрузке 220 кОм

при сигнале на входе МС 0,5 мВ, В 1,

при сигнале на входе ММ 5 мВ, В 0,8.

Принципиальная схема представлена на *рис.36*.

Переключатель SA1, стоящий на входе необходим для переключения типов головок звукоснимателя.

Переключателем SA2 выбирают необходимый тип коррекции. Ручка переключателя SA1 установлена на

задней панели прибора рядом с входными гнездами и помещена в латунный (можно и в алюминиевый) экран.

Ручка переключателя видов коррекции, естественно, красуется на передней панели прибора. Блок питания

такого корректора должен быть однозначно в отдельном корпусе, иначе наводок не победить.

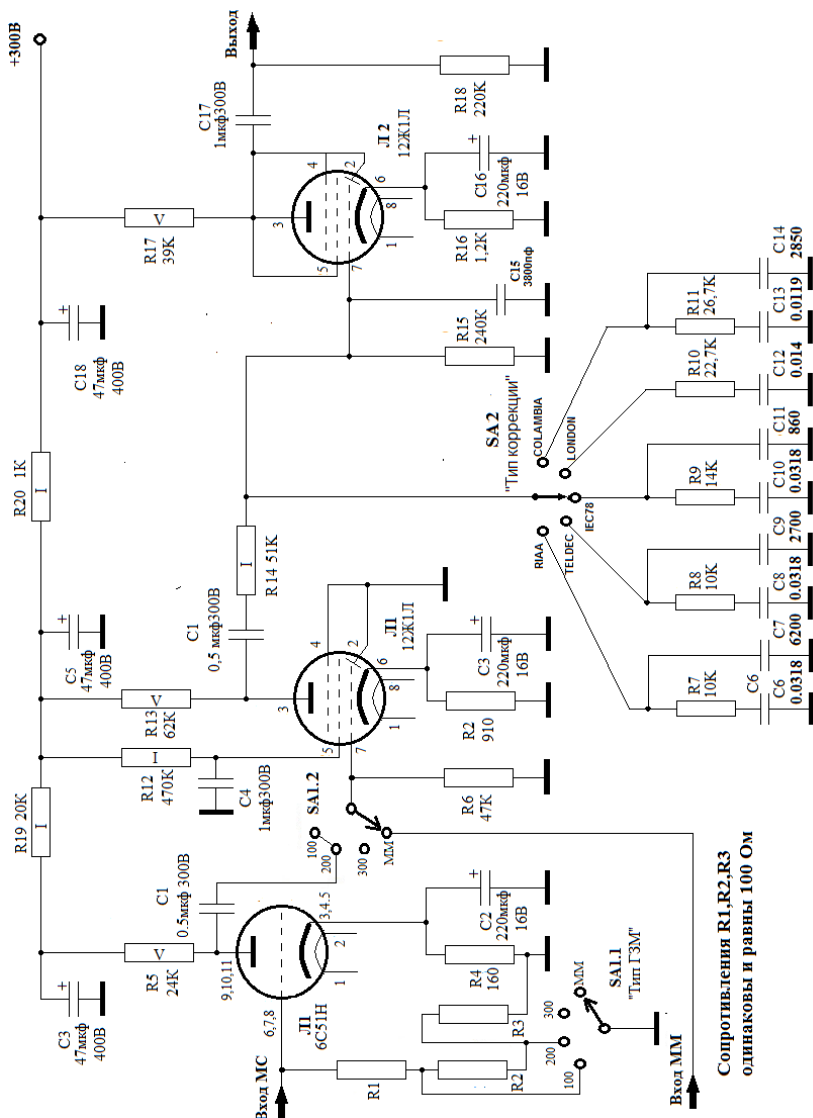


Рис.36. Фонакорректор «Универсальный».
Принципиальная схема.

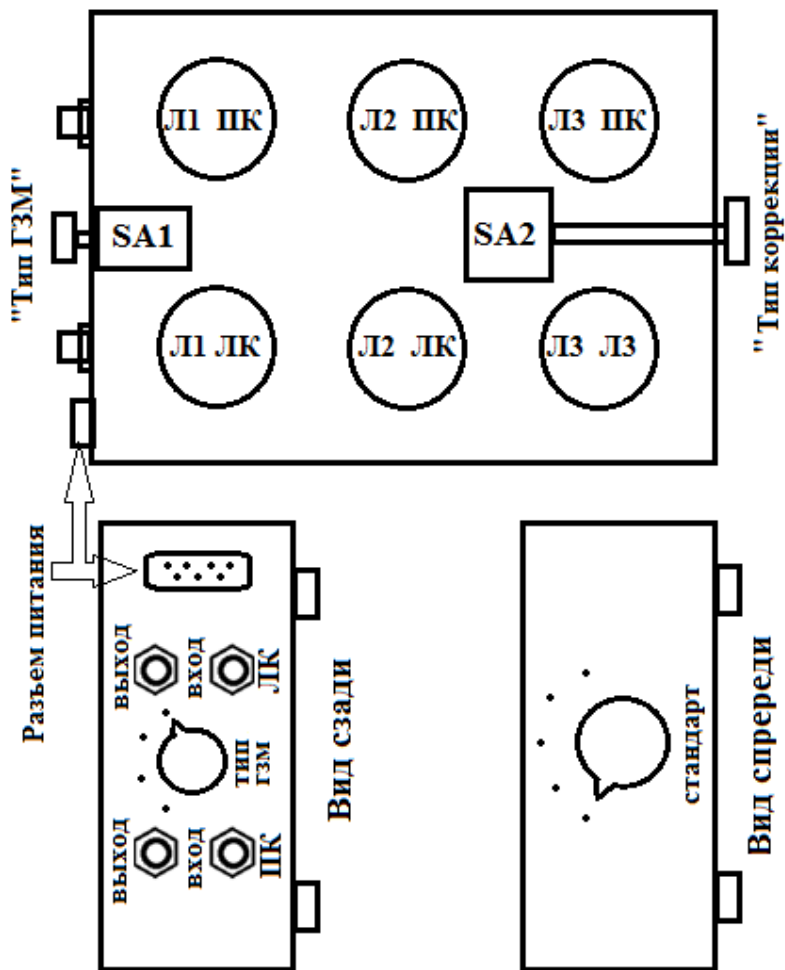


Рис.37. Компоновка универсального фонокорректора

ФОНОКОРРЕКТОР «БАЗОВЫЙ»

Всем хороши предыдущие корректоры, но уровень выходного сигнала у них зависит от сопротивления нагрузки. Избавиться от такого существенного недостатка нам поможет катодный повторитель. Совершу ложь мыслью, предположив, как у многих аудиофилов сейчас погрузнеют лица. По поводу нелюбви (из-за «ухудшения звучания») аудиофилов катодного повторителя на выходе корректора: сравнение на звук в ходе эксперимента типового корректора на 12Ж1Л с корректором, имеющим катодный повторитель, выявило следующее: ухудшения звучания на слух при применении катодного повторителя НЕ ЗАМЕЧЕНО. При этом явно снизилось влияние емкости кабеля на звучание корректора. Так что, не бойся, читатель, смело повторяй схему с катодным повторителем! Теперь я собираю корректоры только с катодным повторителем. См. рис. 38.

Технические характеристики

Тип коррекции грамзаписи RIAA;
Напряжение питания анодное, В +300;
Напряжение накала постоянное, В 12;
Ток, потребляемый по цепям анода, мА 30;
Ток, потребляемый по цепям накала, мА 450;
Выходное напряжение на нагрузке 600 Ом
при сигнале на входе ММ 0,5 мВ, В 1,
Рекомендуемый источник питания БП №3.

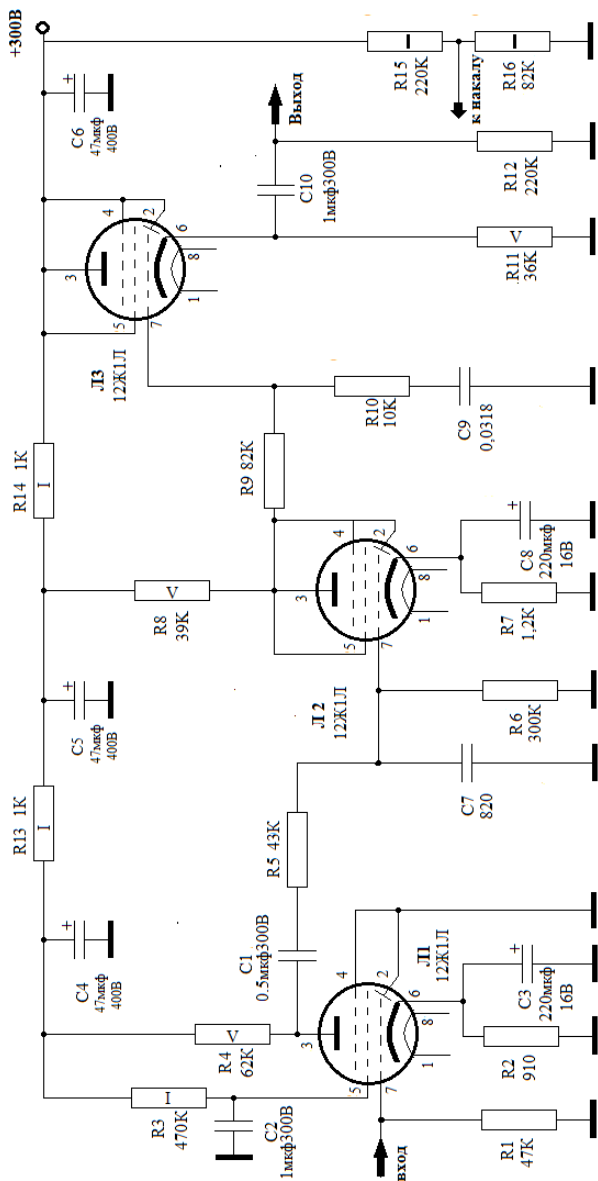


Рис.38. Фонокорректор «БАЗОВЫЙ»

ФОНОКОРРЕКТОР «МЕЧТА»

Лет десять назад аудиофильское сообщество всколыхнула фирма ЕМТ, выпустившая к своему 66-летию предварительный усилитель JPA-66. В этом аппарате была реализована мечта винилового меломана о плавных перестройках постоянных времени. Цена аппарата впечатляет: свыше 22000 ЕВРО. Вот и подумалось, а не сотворить ли что-нибудь подобное, но вполне доступное. В результате, широта задачи определила схемотехнику. И родился винилкорректор (рис.39) с плавными регулировками всех трех постоянных времени в диапазонах, перекрывающих все воображимые форматы грамзаписи. Схемотехнической особенностью данного корректора является катодный повторитель на выходе. Аудиофилы такое не жалуют, а инженеры любят. Вход корректора рассчитан на подключение ММ-головки. При желании или необходимости подключения МС-головки можно использовать МС-трансформатор, либо собрать дополнительный входной каскад. Минимальные шумы в случае постройки дополнительного каскада получаются при использовании нувистора. Наилучшие результаты среди нувисторов показали 6С51Н и 6С52Н. Звук при использовании нувисторов становится, как уже говорилось ранее, несколько жестче на басах.

Если же применить на входе каскад на 12Ж1Л в триодном включении (сетка третья подключена к земле) шумы будут выше, но звук не изменяется. Наличие трех

каскадов позволило применить распределенную по каскадам коррекцию. После первого каскада расположена цепь регулировки τ_1 , после второго каскада – τ_2, τ_3 . Третий каскад – катодный повторитель, связанный непосредственной связью с предыдущим каскадом. В целом же, «погоняв» данный корректор с разными грампластинками, как отечественными, так и зарубежными, с удивлением обнаружили, что многие советские пластинки даже времен торжества формата RIAA, естественнее звучат в формате IEC78, пластинки БИТЛЗ, выпущенные в Болгарии– в формате LONDON M33&45. И, как оказалось в целом, совсем не факт, что записи сделанные после 1972 года будут иметь частотные характеристики соответствующие стандарту RIAA. Так что корректор с плавной перестройкой постоянных времени, скорее всего, будет наиболее правильным решением при достатке сил для изготовления или средств для его покупки. Однако, перейдем к описанию схемы.

Технические характеристики:

Тип коррекции грамзаписи RIAA;
Напряжение питания анодное, В +300;
Напряжение накала постоянное, В 12;
Ток, потребляемый по цепям анода, мА 30;
Ток, потребляемый по цепям накала, мА 450;
Выходное напряжение на нагрузке 600 Ом
при сигнале на входе ММ 0,5 мВ, В1,
Рекомендуемый источник питания..... БП №3.

Особо следует остановиться на элементах цепей регулировки постоянных времени. Постоянная времени τ_1 изменяется при помощи конденсатора переменной емкости. В базовом варианте используется двоянный переменный конденсатор с воздушным (душа аудиофила просто поет) КПК-2 от советских радиоприемников. Если под рукой нет подходящего переменного конденсатора то, как выход из положения можно порекомендовать следующий вариант (он, кстати, имеет определенное удобство): применить галетный переключатель на два направления и шесть положений. Значения постоянных времени в этом случае следует взять следующие:

1. **0 мкс** (коррекция отсутствует);
2. **25 мкс** (использовалась компанией BBC);
3. **50 мкс** (TELDEC, IEC78, CCIR);
4. **57 мкс** (LONDON M33&45, DECCA);
5. **75 мкс** (RIAA);
6. **100 мкс** (COLAMBIA, NAB, NARTB).

При таком исполнении отпадает необходимость в отдельном выключателе цепи коррекции (*рис.40*). Постоянные времени τ_2 и τ_3 регулируются при помощи двоянных (для стереоварианта) переменных резисторов. Понятно, что разбаланс сопротивлений

должен быть минимален. На практике достаточна точность не хуже 5 %. Лучше, если резисторы будут проволочными. При указанных на принципиальной схеме (рис. 40) номиналах деталей перестройка составит: по τ_1 от **50** до **100** мкс; по τ_2 от **159** до **650** мкс; по τ_3 от **1590** до **3180** мкс. Плюс возможность отключения регулировки τ_1 и τ_3 .

Цепь коррекции τ_1 классическая, т.е. находящаяся между двумя каскадами усиления, разделенными между собой конденсатором. Порядок расчета цепи коррекции описан в главе «Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя – корректора». Подбором емкости постоянного конденсатора С6.1 задается минимальное значение τ_1 , а максимальная емкость переменного конденсатора С6.2 определяет максимальное ее значение.

Цепь коррекции τ_2 и τ_3 находится между каскадами усиления с непосредственной связью, и порядок ее расчета описан в главе «Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в схеме усилителя – корректора с непосредственными связями». С целью упрощения коммутации отключение коррекции по τ_3 производится следующим образом: включением последовательно с потенциометром регулировки τ_3 сопротивления номиналом 300 кОм. В результате такого действия τ_3 смещается в область ниже 20 Гц и практически не оказывает влияния на регулировку τ_2 .

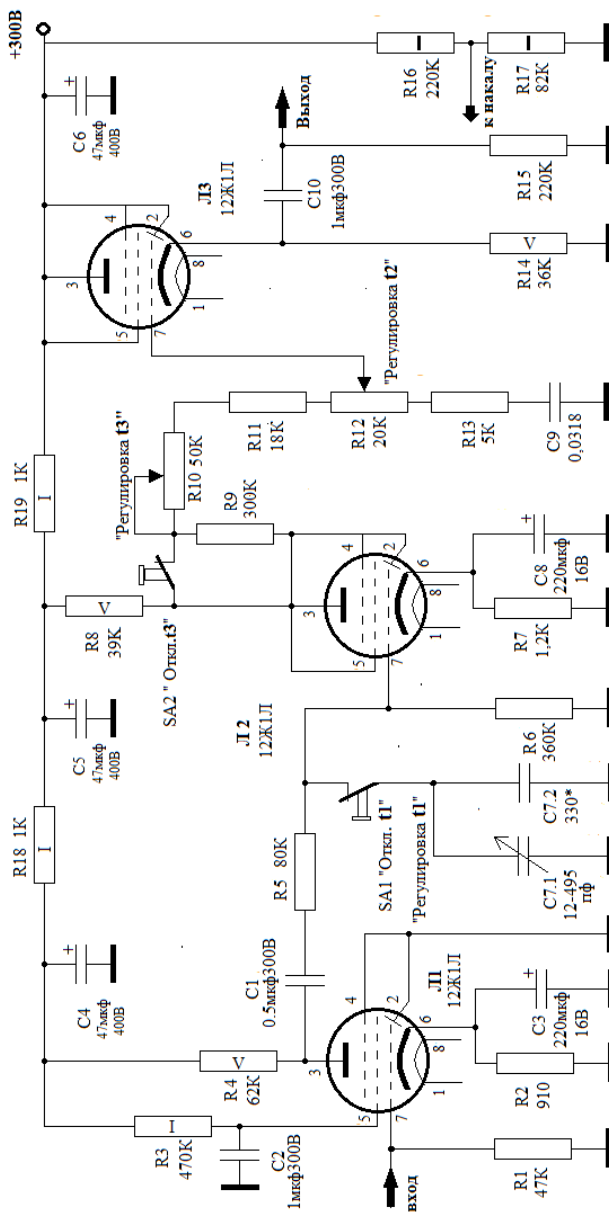
Т.е. когда контакты выключателя SA1 разомкнуты, цепь коррекции τ_3 выключена.

Поскольку лампа атодного повторителя ЛЗ имеет потенциал подогревателя около 150 В относительно земли, то необходимо на подогреватели подать «подпирающее» напряжение порядка 80В. Мера эта вынужденная, так как максимально допустимая разность потенциалов между катодом и подогревателем лампы 12Ж1 Л не превышает +/- 100В. Роль источника напряжения +80В играет делитель R17R18 (рис.33).

Если не предполагается прослушивание записей 20-30 годов XX века, то отключение регулировок τ_1 и τ_2 можно не делать, а пределы регулировок установить такие, что крайние положения ручек регулировки будут соответствовать минимальным и максимальным значениям, применяемым в стандартах грамзаписи. Такой подход облегчает градуировку шкал. Принципиальная схема такого варианта корректора показана на рис.41. Расположение деталей корректора в корпусе и расположение органов управления каждый может придумать самостоятельно. В авторском варианте компоновка фоновкорректора «МЕЧТА» выглядит так, как показано на рис. 42. Источник питания выполнен в виде отдельного блока.

Присоединив к этому корректору каскад на нувисторе, получим аппарат «ПРЕДЕЛ МЕЧТАНИЙ».

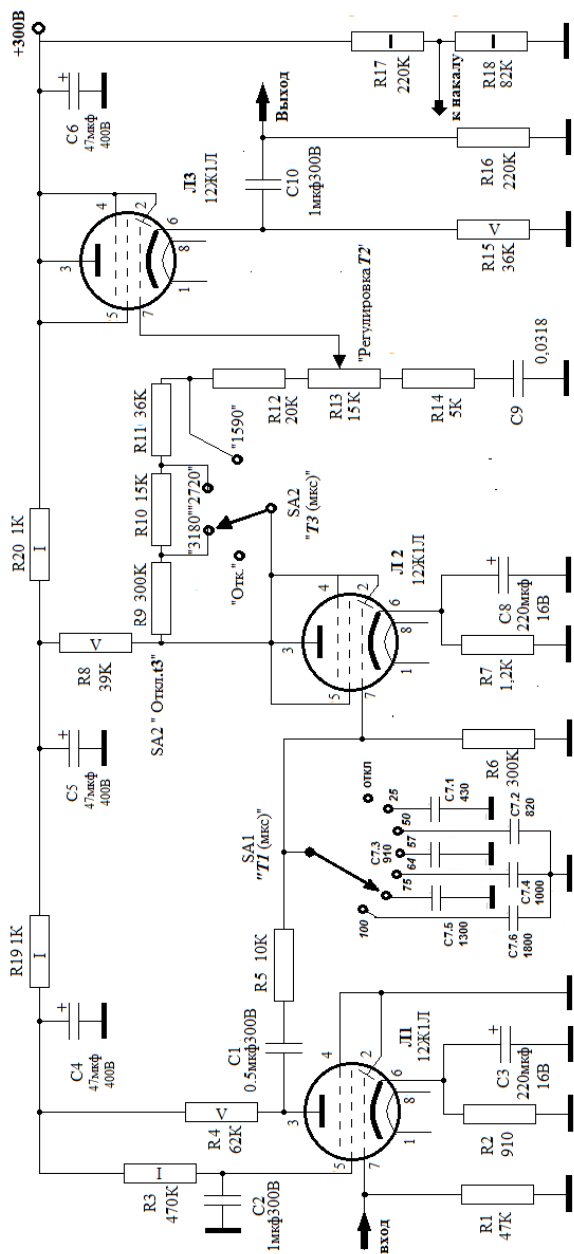
Рис.39



При указанных номиналах времязадающих цепей перестройка постоянных времени составит:

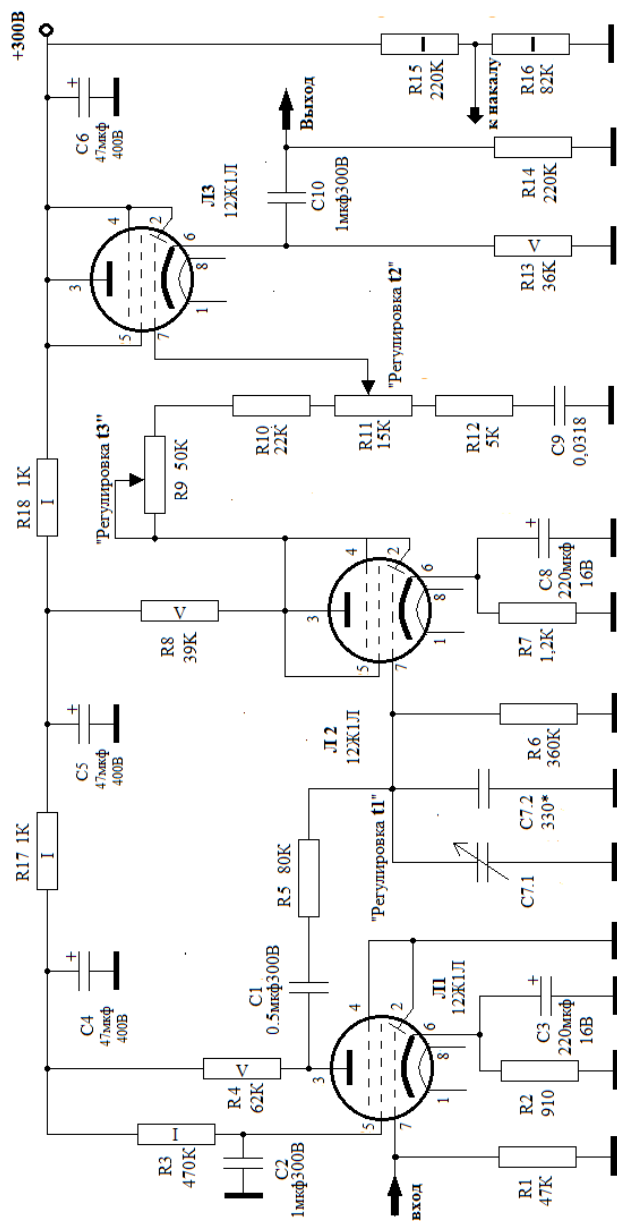
$T1$: 50-100 мкс; $T2$: 318-795 мкс; $T3$: 1590-3180 мкс

Корректор с плавной перестройкой постоянных времени и возможностью отключения регулировки $T1$ и $T3$



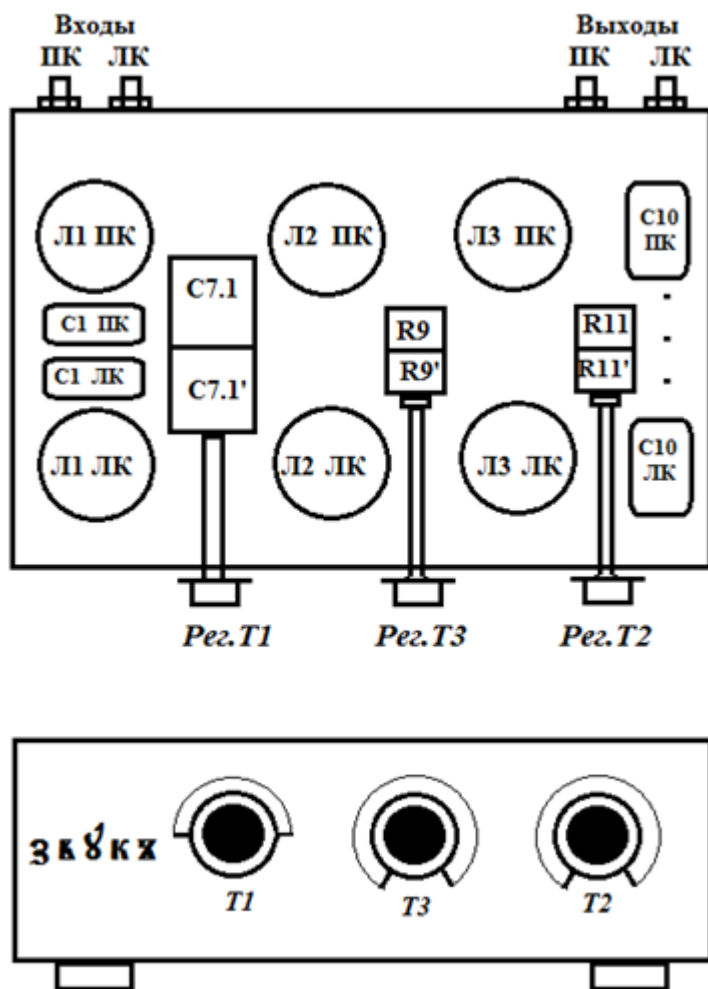
При указанных номиналах времязадающих цепей перестройка постоянных времени составит:
 T1: Откл-25-50-57-64-75-100 мкс; T2: 318-636 мкс; T3: 1590-2720-3180 мкс.

Корректор с дискретным изменением постоянных времени T1, T3 и плавным - T2.



При указанных номиналах времязадающих цепей перестройка постоянных времени составит:
T1: 50-100мкс; T2: 318-636 мкс; T3: 1590-3180 мкс

Рис.41



*Авторская компоновка фонокорректора
"МЕЧТА"*

Рис.42

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕПЕЙ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ФОНОКОРРЕКТОРОВ

Отдельной строкой стоит пропеть дифирамбы двум одесским парням, написавшим великолепную работу по расчету усилителей - корректоров для воспроизведения грамзаписи. Называется эта чудная работа:

Евгений Бабиченко, Игорь Гапонов. Усилители RIAA – коррекции на вакуумных триодах для «скоростных» (электродинамических) звукоснимателей. Некоторые принципы построения схем без обратных связей. Расчёт и настройка корректирующих цепей.

На просторах Интернета она имеется. В этой статье на высоком уровне проработаны математическая модель расчета и практические советы по созданию фоновкорректоров. Язык изложения может кому-то показаться странным, но, в конце концов, это не диссертация и не учебник для ВУЗов и техникумов. Лично меня порадовало в этой работе и то, что среди первоисточников авторы указали труд начальника кафедры ТЭРЦ Воронежского Высшего Военного Инженерного Училища Радиоэлектроники полковника Змия Бориса Федоровича. «А причем тут Воркута? А я сидел там». Точнее, я там учился, в смысле в ВВВИУРЭ. Но моя задача, как оговаривалось ранее, состоит в том, чтобы предоставить методики расчетов и построения

усилителей, доступные даже призывнику из Узбекистана. Обвинять меня в расизме не надо, лучшие армейские повара, как правило, были узбеками. Ну, когда еще был СССР. Посему ниже будет представлена методика упрощенного расчета для нескольких типовых видов цепей коррекции без обратных связей. Поскольку методика упрощенная, объяснений, что откуда берется, в ней не будет. Это практическая методика, рассчитанная на человека, владеющего арифметикой и знакомого с законами Ома (в пределах школьной программы), дающая удовлетворительный результат на практике. Будут рассмотрены:

1. расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя – корректора;
2. расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в схеме усилителя – корректора с непосредственными связями;
3. расчет усилителя-корректора с формированием постоянной времени t_1 на собственной индуктивности головки звукоснимателя;
4. расчет усилителя-корректора с коррекцией, распределенной по каскадам.

1. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя - корректора

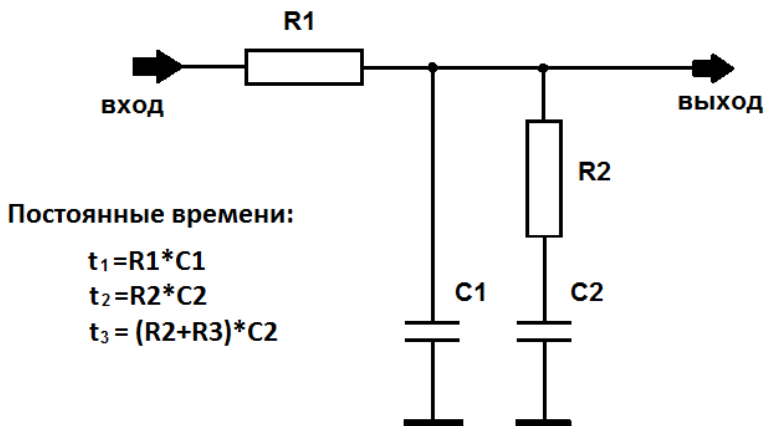
Это наиболее часто применяемая цепь коррекции, позволяющая формировать три постоянные времени коррекции. См. рис.43. Посмотрев на схему, можно увидеть, что постоянная времени τ_1 формируется цепочкой $R1C1$, а цепочка $R1R2C2$ формирует две постоянных времени: τ_2 и τ_3 . В качестве примера для расчета возьмем стандарт **IEC N78** в котором:

$$\tau_1=50 \text{ мкс}$$

$$\tau_2=450 \text{ мкс}$$

$$\tau_3=3180 \text{ мкс}$$

И, вот, мы стоим перед уравнением с четырьмя неизвестными $R1, R2, C1, C2$. Извечный вопрос русской интеллигенции: «Что делать»? Извечный ответ ей русского народа: «Э-э, интеллигенция... Одно слово, узок их круг и страшно далеки они от народа. Принимаем волевое решение!» Правда, про круг сказал не народ. В общем, волюнтаристски назначаем (исходя из имеющихся в запасе номиналов) емкость конденсатора $C2$, так как расчет будет вестись от наибольшей потоянной времени $\tau_3=3180 \text{ мкс}$, а она связана с $C2$.



**Рис.43. Принципиальная схема цепи коррекции
рекомендованной RIAA**

1. Вычисляем сопротивление R2:

$$R2 = \tau_2 / C2$$

2. Вычисляем R1: $R1 = R2 (\tau_3 - \tau_2) (\tau_2 - \tau_1) / \tau_2^2$

3. Вычисляем C1: Если бы цепь R1C1 была отдельной, то $C1 = t1 / R1$. Но в реальности она включена в более сложную систему. Поэтому формула расчета C1 усложняется и принимает вид:

$$C1 = \tau_1 \tau_3 C2 / ((\tau_3 - \tau_2) (\tau_2 - \tau_1))$$

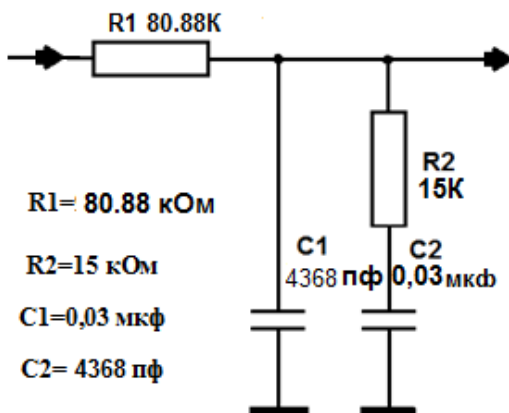


Рис.44. Принципиальная схема цепи коррекции стандарта IEC N78.

Подставляем в формулы реальные значения элементов:

1. Принимаем равным **0.03 мкф** (постоянные времени берем в **мкс**, емкости в **мкф**), тогда **$R2 = 450 / 0,03 = 15000 \text{ Ом} = 15 \text{ кОм}$**
2. **$R1 = (3180 - 450)(450 - 50) * 15 / 450^2 = 80,88 \text{ кОм}$**
3. **$C1 = 0,00005 * 0,00318 * 0,03 / (0,00273 * 0,0004) = 0,04368 \text{ мкф} = 4368 \text{ пф}$**

Все было бы хорошо с приведенным выше расчетом, если бы не: цепь коррекции, приведенная выше, представляет собой идеальный случай, когда цепь эта живет сама по себе, не включенная ни в какие другие каскады и цепи. В реальной жизни ее ставят между первым и вторым каскадами усилителя-корректора (рис.45).

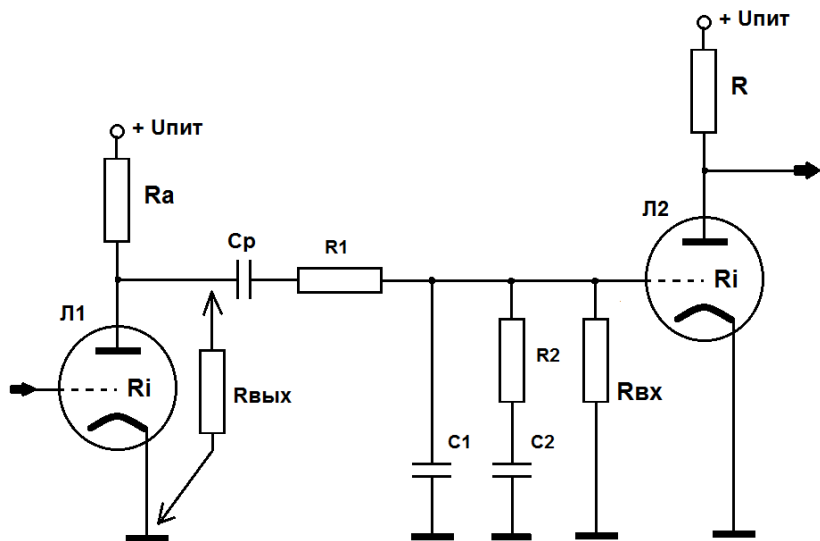


Рис.45. Включение цепи коррекции в реальной схеме

Первый каскад усиления на лампе Л1 имеет свое выходное сопротивление $R_{\text{ВЫХ}}$, последующий каскад на лампе Л2 имеет входное сопротивление $R_{\text{ВХ}}$ (сопротивление в цепи первой сетки Л2), которые становятся неотъемлемой частью узла коррекции и искажают всю, ранее рассчитанную, картину. В принципиальной схеме, учитывающей новые условия, сопротивление, обозначенное на *рис.45* как R1, обозначим $R_{\text{реал}}$. Сделаем это, чтобы не путаться и помнить, что в макете будет впаян резистор с сопротивлением $R_{\text{реал}}$ (*Рис.46*).

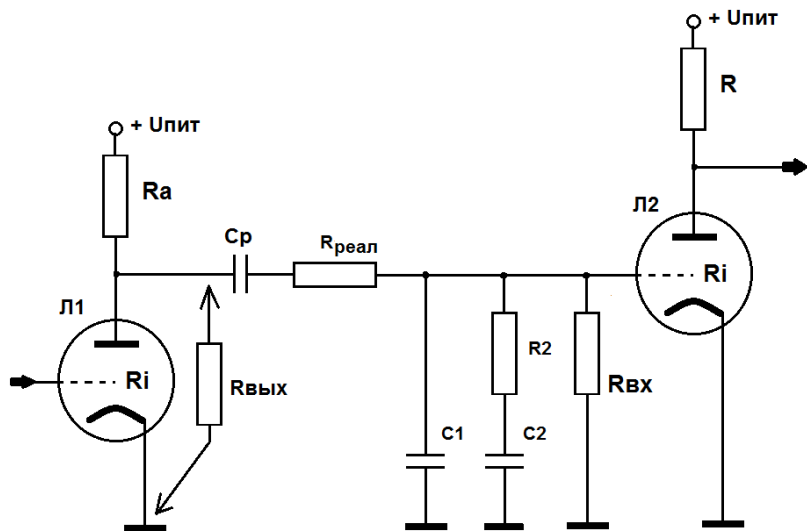
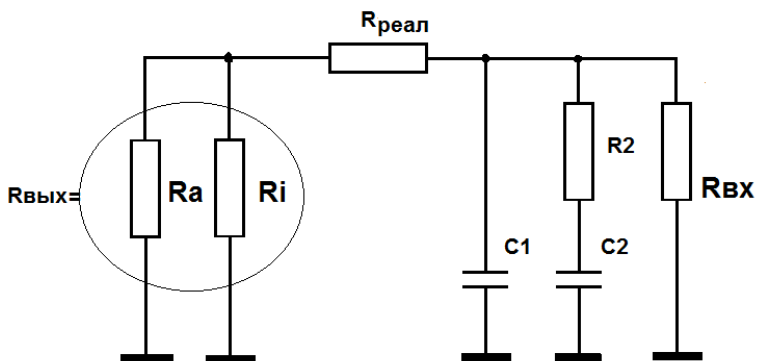


Рис.46

Чтобы рассчитать сопротивление $R_{\text{реал}}$, которое необходимо установить в реальный макет усилителя, нужно составить эквивалентную схему цепи коррекции. Разделительный конденсатор C_p имеет сравнительно большую емкость (порядка 1 мкф), т.е. малое сопротивление по переменному току, поэтому при составлении эквивалентной схемы мы его игнорируем, считая, что он накоротко замкнут (рис. 47).

Далее полагаем, что цепочка $C1, C2 + R2$ сохраняют свои значения и их пересчитывать не надо (по постоянному току цепь разорвана). Значение $R_{\text{вх}}$ мы задаем сами, исходя из имеющихся в запасе номиналов



$R_{вых}$ составляется из сопротивления в цепи анода и внутреннего сопротивления лампы Л1

Рис.47

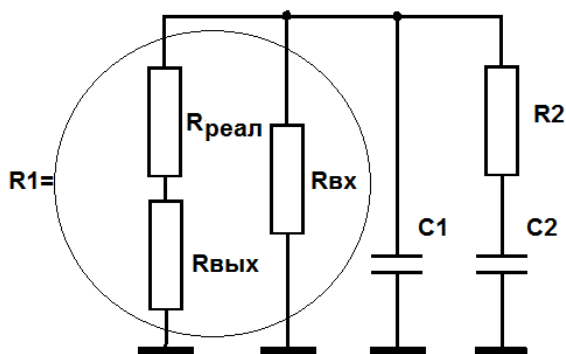
сопротивлений. В нашем случае выбираем

$$R_{вх}=270\text{кОм.}$$

Выходное сопротивление $R_{вых}$ первого каскада равно (внутреннее сопротивление лампы R_i соединяется параллельно с сопротивлением в цепи анода R_a через источник питания)

$$R_{вых}=R_i R_a / (R_i + R_a).$$

Сопротивление R_a в цепи анода Л1 выбирается по нагрузочной прямой построенной на ВАХ лампы и в нашем случае для лампы 12Ж1Л равно **62 кОм.** Значение R_i справочное и составляет **800 кОм.**



Сопротивление цепочки $R_{вых}, R_{вх}, R_{реал}$ должно быть равным сопротивлению R_1 идеальной цепи коррекции

Рис.48

Итак, подставляя эти значения в формулу получаем:

$$R_{вых} = 62 * 800 / (800 + 62) = 57.5 \text{ кОм}$$

Для сохранения расчетных характеристик цепи коррекции необходимо, чтобы сопротивление цепочки $R_{вх} R_{вых} R_{реал}$ равнялось R_1 . По эквивалентной схеме, составляем уравнение:

$$R_1 = (R_{реал} + R_{вых}) R_{вх} / (R_{реал} + R_{вых} + R_{вх})$$

В рассматриваемом случае вычисленное ранее значение R_1 составляет 80,88 кОм. В итоге, подставив известные значения сопротивлений в формулу, получаем уравнение: $80,88 = (R_{реал} + 57,5) 270 / (R_{реал} + 57,5 + 270)$

(Все сопротивления даны в килоомах).

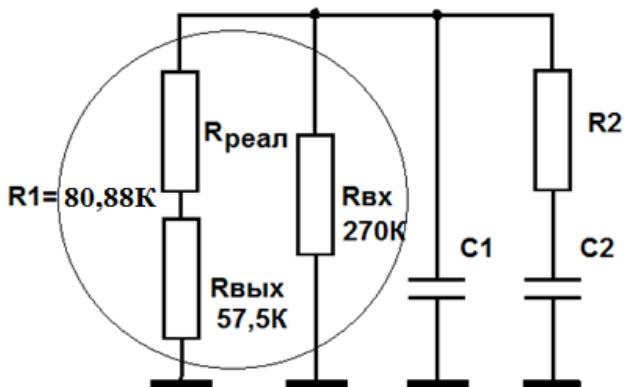
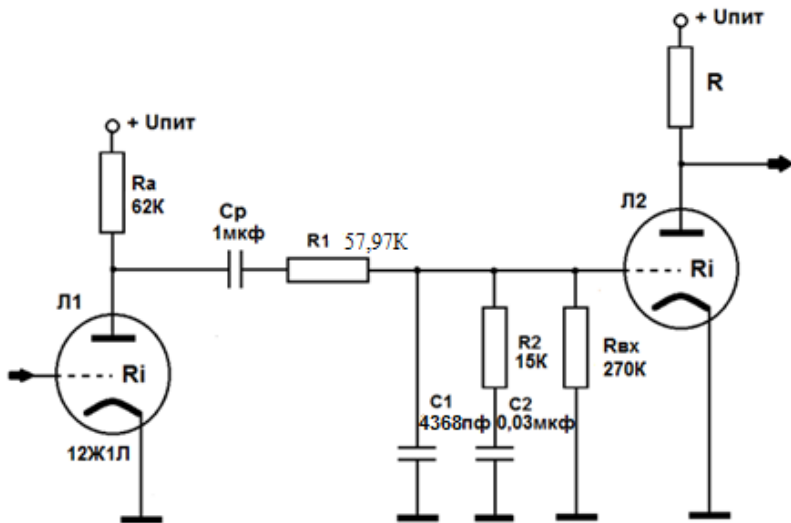


Рис.49. Эквивалентная схема реальной цепи коррекции

Решив его, получаем значение $R_{реал} = 57,97 \text{ кОм}$. В итоге принципиальная схема цепи корректора на лампе 12Ж1Л для стандарта IEC78 приобретает вид, показанный на *рис.50*.

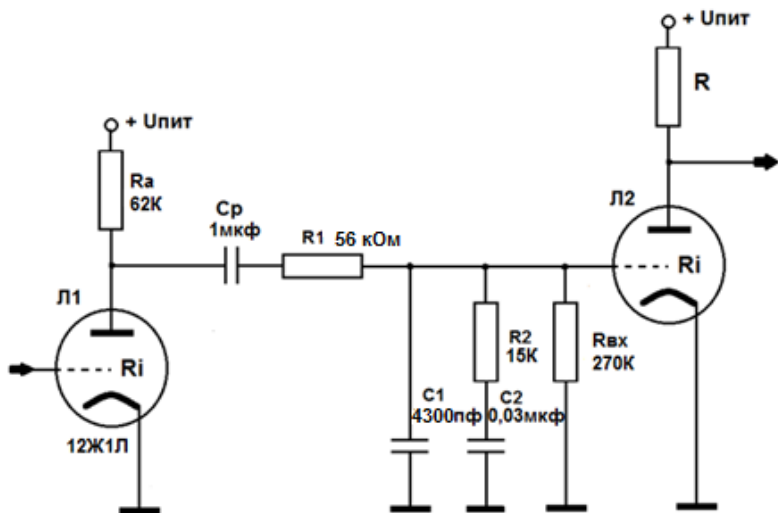
При сборке макета можно попытаться точно подобрать вычисленные значения элементов цепи, но на практике это лишь усложнит работу. Мало того, в реальном макете присутствуют такие неприятные вещи как паразитные емкости, индуктивности и сопротивления монтажа. Они, безусловно, малы, но в некоторых случаях ощутимы. Так, например, паразитная емкость монтажа находится в диапазоне 50–200 пф, что уже ощутимо для постоянной времени



Каскады усиления на лампах Л1 и Л2 показаны условно

Рис. 50. Принципиальная схема узла коррекции стандарта IEC N78

$\tau_1=50$ мкс. Значит, при подборе емкости C_1 можно выбрать конденсатор с меньшей, чем расчетная, емкостью. Примерно $4368-68\text{пф}=4300\text{пф}$. Т.е. стандартный номинал. Сопротивление R_1 близко к 56 кОм, но выбор в сторону увеличения от вычисленного номинала, как показывает практика, вреднее, чем в сторону уменьшения. Ближайший стандартный номинал – 56 кОм. При выборе такого номинала расхождение с расчетными характеристиками составит:



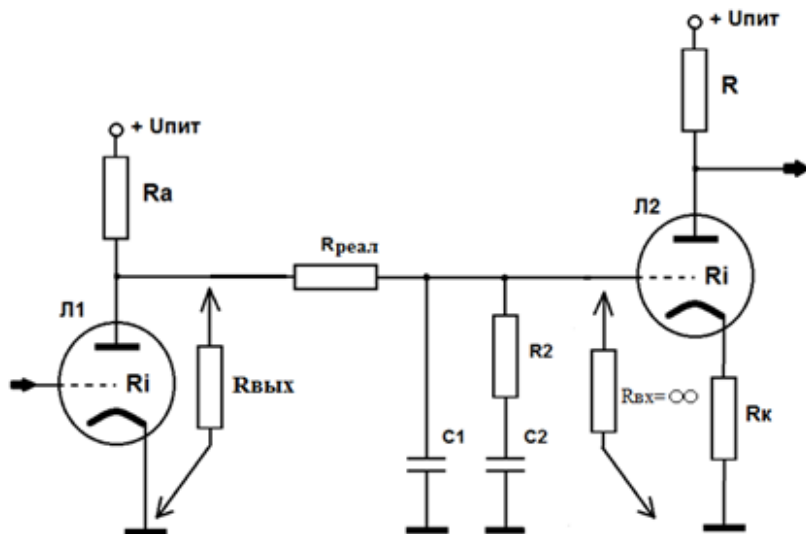
Каскады усиления на лампах Л1 и Л2 показаны условно

Рис. 51. Принципиальная схема цепи коррекции ИЕС N78 со стандартными значениями номиналов элементов.

$$\begin{aligned}
 & (R_{\text{ВЫХ}} + R1)R_{\text{ВХ}} / (R_{\text{ВЫХ}} + R1 + R_{\text{ВХ}}) = \\
 & = (57,5 + 56) * 270 / (57,5 + 56 + 270) = 79,9 \text{ кОм},
 \end{aligned}$$

Что составляет 98,7 % от 80,88 кОм расчетных. Учитывая, что внутреннее сопротивление ламп величина справочная и не является точной, то допуск 1,3 % на практике вполне приемлем. Принципиальная схема тогда принимает привычный для радиолюбителя-пионера вид, представленный на рис. 51.

2. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в схеме усилителя – корректора с непосредственными связями



Принципиальная схема корректора
с непосредственной связью между каскадами

Рис. 52

Начальные условия:

Расчет идеальной цепи (не включенной в устройство) рассмотрен главой выше. Все расчеты производятся применительно к стандарту грамзаписи **IEC N78**, ламповому каскаду на лампе 12Ж1Л. Принципиальная схема приведена на *рис.52*. Поскольку резистор в цепи первой сетки лампы Л2 отсутствует, то $R_{вх} = \infty$. Эквивалентная схема упрощается (*рис.53*).

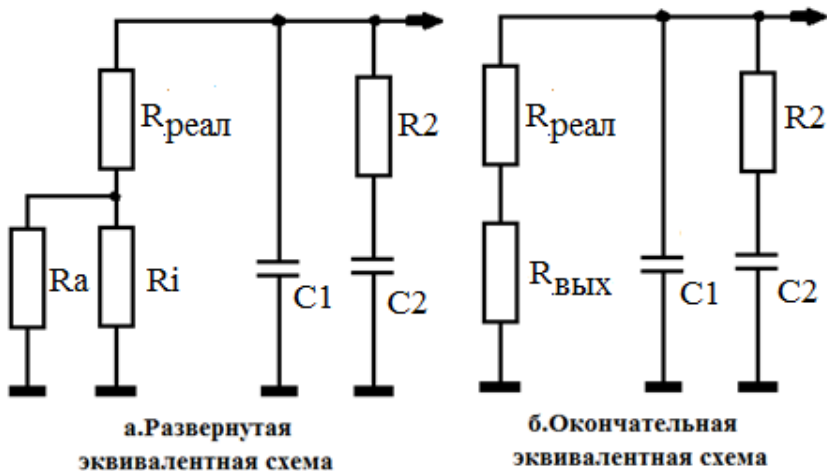


Рис.53

Значение R_1 вычислено ранее и равно 80,88 кОм. Формула для вычисления $R_{\text{реал}}$, исходя из эквивалентной схемы, приобретает вид:

$$R_{\text{реал}} = R_1 - R_{\text{вых}}, \text{ где } R_{\text{вых}} = (R_i * R_a) / (R_i + R_a)$$

вычислено ранее, и составляет **57.5 кОм**

в схеме $R_{\text{реал}} = 80,88 - 57,5 = \mathbf{23,38}$ кОм. Ближайший к **23,38** кОм типовой номинал сопротивления - **24** кОм. В результате полная принципиальная схема примет вид, показанный на *рис.54*. Поскольку в этой схеме катод второй лампы находится под потенциалом +160 В, то накал лампы необходимо будет «подпереть» напряжением +80 В с делителя напряжения.

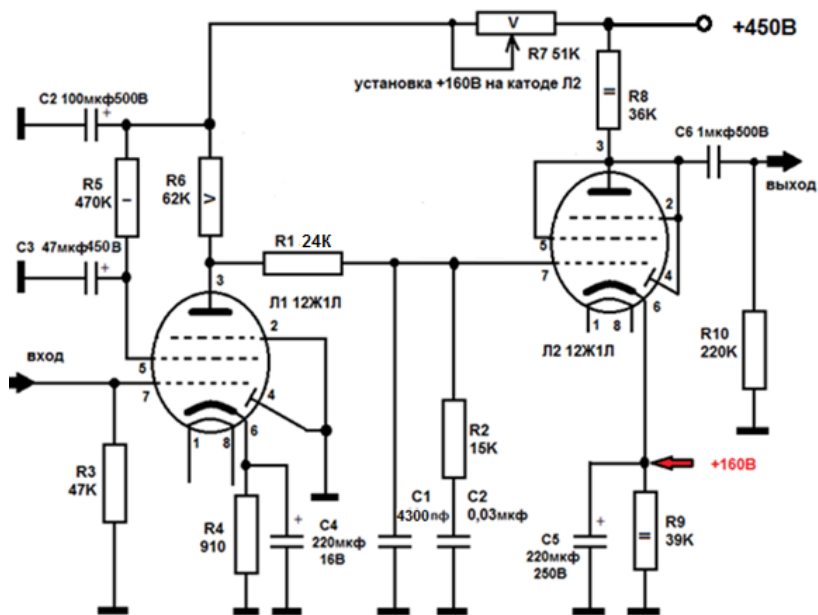


Рис. 54. Фонокорректор с непосредственными связями для стандарта грамзаписи IEC N78

3. Расчет усилителя-корректора с формированием постоянной времени τ_1 на собственной индуктивности головки звукоснимателя.

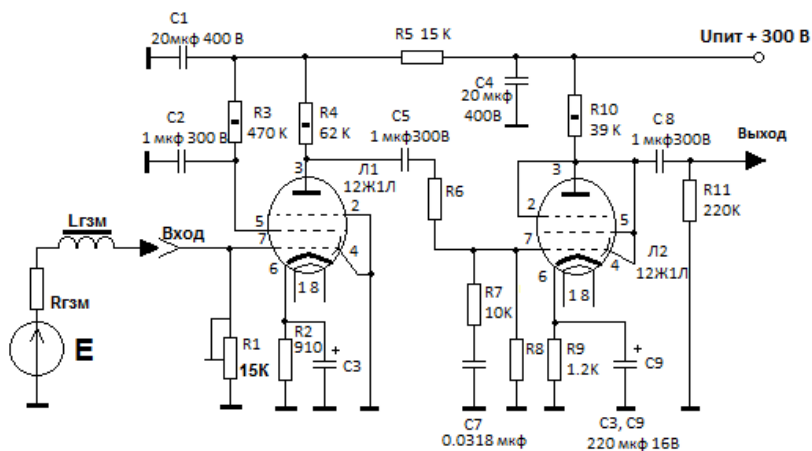
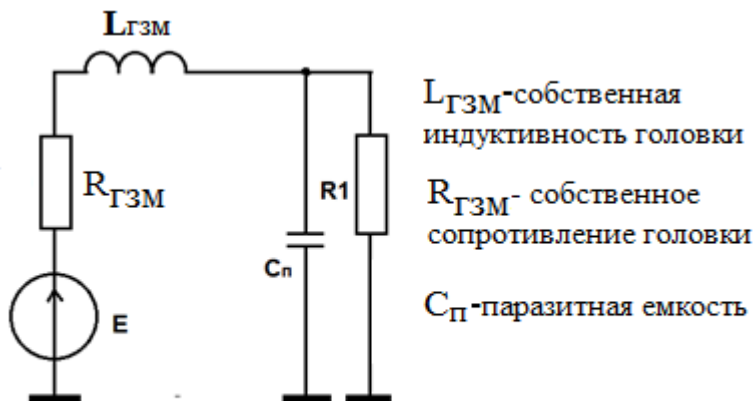


Рис.55

На рис.55 представлена принципиальная схема корректора постоянная времени τ_1 которого формируется при помощи собственной индуктивности головки звукоснимателя и сопротивления в цепи первой сетки лампы Л1 усилителя.

Указанные на схеме **R_{гзм}** и **L_{гзм}** - это собственные сопротивление и емкость головки звукоснимателя.

Сразу следует оговориться (ссылаясь на И.Гапонова и Е.Бабиченко), что делать такой корректор имеет смысл при следующих ограничивающих условиях:



Эквивалентная схема цепи формирования t_1

Рис.56

1. $R_1 / (R_1 + R_{ГЗМ}) > 0,5$;
2. емкость $C_{п}$ (рис.56) должна быть минимальной, и, если параллельно выходу проигрывателя включен конденсатор (такое бывает в промышленной аппаратуре), его надо удалить, или сделать отключаемым). $C_{п}$ - суммарная ёмкость «кабель+катушка+усилитель+монтаж+ и т.д.», имеющаяся на входе усилителя-корректора.

Пример: Проведем расчет для стандарта RIAA (RCA Victor):

$$\tau_1 = 75 \text{ мкс}, \tau_2 = 318 \text{ мкс}, \tau_3 = 3180 \text{ мкс}.$$

а) Расчет цепи, формирующей постоянные времени τ_2 и τ_3 .

Постоянные времени τ_2 и τ_3 формируются цепочкой R6R7C7 R8. Значения C7 и R8 задаем волевым решением и считаем:

$$\mathbf{R8 = 270 \text{ кОм}, C7 = 0.0318 \text{ мкф.}}$$

$R_{\text{вых}} = 57.5 \text{ кОм}$ (посчитано ранее), $R_{\text{вх}} = R8 = 270 \text{ кОм}$ (задано).

Далее расчет ведется по методике, изложенной в главе «Сосредоточенная цепь коррекции, рекомендованная RIAA в классической схеме усилителя– корректора».

Сопротивление R7 по постоянному току отключено, и потому входное сопротивление второго каскада и выходное сопротивление первого каскада на него не влияют. Без всяких оглядок находим его значение:

$$\mathbf{R7 = \tau_2 / C7 = 0.000318 / 0.0000000318 = 10000 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм.}}$$

Для не включенной в реальный усилитель цепи коррекции сопротивление R6 рассчитывают по формуле $\mathbf{R6 = \tau_3 / C7 - R7}$.

$$\mathbf{R6 = 0,00318 / 0,0000000318 - 10000 = 90000 \text{ Ом} = 90 \text{ кОм.}}$$

Теперь рассчитываем реальное значение $\mathbf{R6_{\text{реал}}}$ с учетом влияния R8 и $R_{\text{вых}}$. Применив формулу

$$R_6 = (R_{\text{вых}} + R_{6_{\text{реал}}})R_8 / (R_{\text{вых}} + R_{6_{\text{реал}}} + R_8)$$

и, решив его относительно $R_{6_{\text{реал}}}$, получим уравнение:

$$R_{6_{\text{реал}}} = (R_6 R_{\text{вых}} + R_6 R_8 - R_8 R_{\text{вых}}) / (R_8 - R_6)$$

Решив его, получим $R_{6_{\text{реал}}} = 77,5$ кОм.

Ближайший стандартный номинал **-75 кОм**. В схему ставим **$R_6 = 75$ кОм**.

Собственно говоря, на этом расчет можно было бы и закончить, а величину сопротивления R_1 установить экспериментально, собрав установку, описанную у Гапонова И. и Бабиченко Е. в [7].

Ниже предлагается другой способ, на практике дающий такой же результат. Для этого необходимо иметь измеритель индуктивности (например, Е7-22) и омметр (измеряющий сопротивление постоянному току, подойдет любой мультиметр). Почему, спросите, нельзя использовать в качестве омметра тот же Е7-22. Потому, что он измеряет сопротивление на переменном токе и покажет большее значение из-за влияния индуктивности головки звукоснимателя.

б) Расчет цепи, формирующей $\tau_1 = 75$ мкс.

Вычисляем значение **R_1** . Постоянная времени τ_1 цепи **$R_1 R_{\text{ГЗМ}} L_{\text{ГЗМ}}$** определяется по формуле **$\tau_1 = L_{\text{ГЗМ}} / (R_1 + R_{\text{ГЗМ}})$** , где:

$R_{ГЗМ}$ – активное сопротивление головки звукоснимателя,

$L_{ГЗМ}$ – собственная индуктивность головки звукоснимателя.

Далее при помощи мультиметра измеряем активное сопротивление катушки ГЗМ, и индуктивность ее прибором E7-22 (на частоте 1 кГц). Значения запоминаем и вычисляем $R1$:

$\tau_1=75$ мкс, ГЗМ Корвет-008, $L_{ГЗМ}=0,62$ Гн, $R_{ГЗМ}=1002$ Ом.

$$R1 = (L - R_{ГЗМ} \times \tau_1) / \tau_1 =$$

$$(0.62 - 1002 \times 0.000075) / 0.000075 = 7264 \text{ Ом.}$$

Затем, подключив омметр ко входу корректора, вращением шлица подстроечного резистора R1 устанавливаем сопротивление равное вычисленному.

Выполнив все описанные выше манипуляции, подключаем к корректору проигрыватель и оконечный усилитель, подаем на все это питание, и слушаем музыку. Или тестовый диск.

4. Расчет усилителя-корректора с коррекцией, распределенной по каскадам

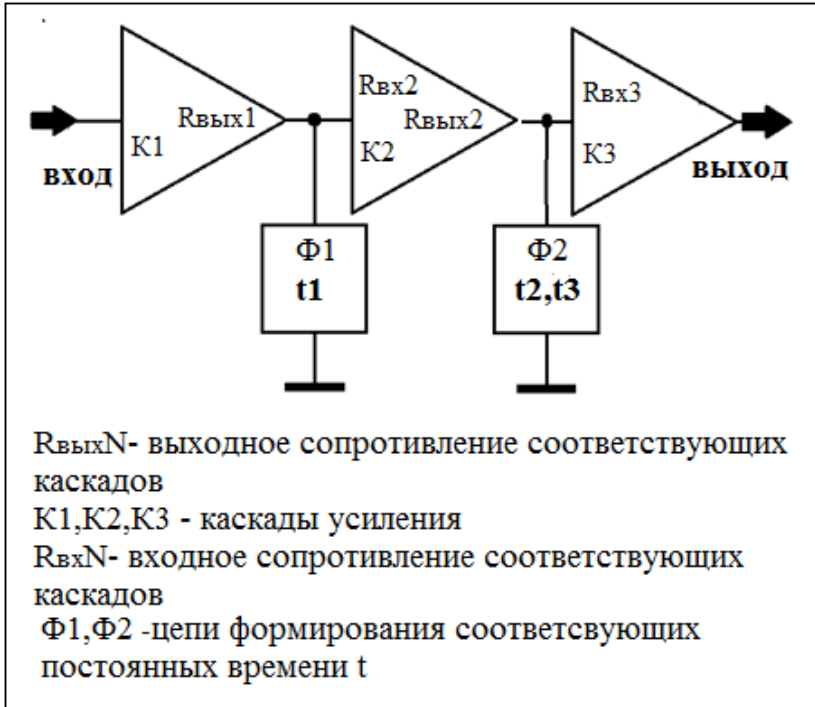


Рис. 57. Структурная схема усилителя-корректора с распределенной по каскадам коррекцией.

У корректора с распределенной по каскадам коррекцией есть как свои достоинства, так и недостатки. К достоинствам следует отнести легкость настройки постоянных времени, так как цепи коррекции разделены между собою каскадами усиления и можно считать, что не оказывают влияния друг на друга. К недостаткам - большее число каскадов. Впрочем, это может стать достоинством, если предполагается использовать МС

головку воспроизведения, т.к. усиление корректора будет большим, что позволит обойтись без МС-трансформатора. В зависимости от типов применяемых ламп, может встать вопрос о величине шумов усилителя. Если верить теории и практике радиосвязи, основной вклад в шумность тракта вносит первый каскад усиления. То есть, есть смысл его делать на малошумящих элементах.

Показанная на *рис.57* структурная схема может быть видоизменена в части расположения времязадающих цепей: формирование τ_2, τ_3 возможно после первого каскада, а τ_1 после второго. Расчет элементов цепей коррекции мало чем отличается от представленного в предыдущих разделах. Просто, каждая цепь рассчитывается отдельно, так как взаимное влияние отсутствует.

Пример.

Задано: Первые два каскада реализованы на лампах 12Ж1Л в пентодном включении, выходной каскад - на лампе 12Ж1Л в триодном включении. Формат грамзаписи TELDEC: $\tau_1=50\text{мкс}$, $\tau_2=318\text{мкс}$, $\tau_3=3180\text{мкс}$. Постоянная времени τ_1 формируется после первого каскада, τ_2 и τ_3 после второго. Принципиальная схема корректора показана на *рис. 61*. Емкость конденсатора **C10** берем 31,8 нф; резистор **R7**= 100 кОм (т.к. второй каскад пентодный, это сопротивление нежелательно брать больше 100 кОм); **R6**=240 кОм; **R14**=270 кОм. $R_{\text{вых1}}$ и $R_{\text{вых2}}$ (выходные сопротивления первого и второго каскадов соответственно)

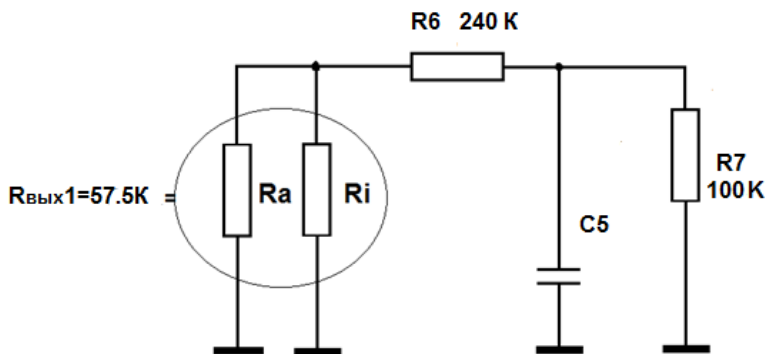


Рис. 58. Эквивалентная схема для расчета τ_1 .

одинаковы, рассчитаны в предыдущих главах, и для ламп 12Ж1Л равны **57.5** кОм.

1. Расчет цепи формирования $\tau_1 = 50 \mu\text{с}$

проводится по схеме, приведенной на *рис. 58*.

Сопротивления известны, осталось рассчитать емкость конденсатора C5 по формуле: $C5 = \tau_1 / R_{\text{экв}}$, где

$$R_{\text{экв}} = (R_{\text{вых}} + R6)R7 / (R_{\text{вых}} + R6 + R7)$$

тогда $C5 = 0,00005 / ((57500 + 240000) \times 100000 / (57500 + 240000 + 100000)) = \mathbf{0,000000000668 \Phi}$

Из стандартного ряда выбираем $C5 = \mathbf{680 \text{ пф}}$

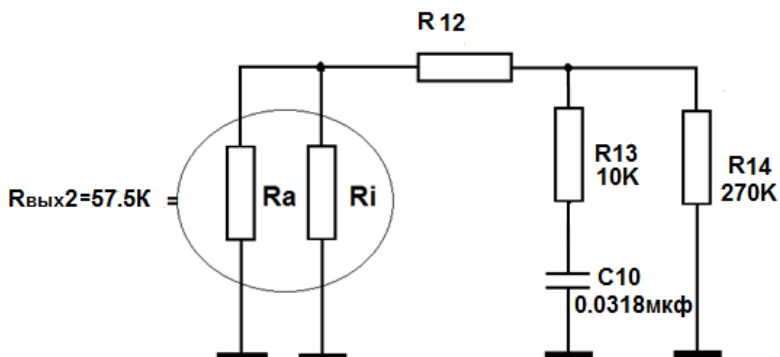


Рис. 59. Эквивалентная схема для расчета τ_3

2. Расчет $\tau_2 = 318$ мкс. Но цепь C10R13 разорвана по постоянному току, следовательно, активные сопротивления R12, R14 не оказывают на нее влияния. Спокойно рассчитываем сопротивление R13 (номиналы остальных элементов известны). Поскольку $\tau_2 = R13 \times C10$, то $R13 = C10 / \tau_2$.

$$R13 = 0.0000000318 / 0.000318 = 10000 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм.}$$

3. Расчет $\tau_3 = 3180$ мкс. Для того чтобы τ_3 составило 3180 мкс, очевидно, что суммарное сопротивление всей цепи коррекции должно быть $R_{\text{сумм}} = \tau_3 / C10$.
 $R_{\text{сумм}} = \tau_3 / C10 = 0.00318 / 0.0000000318 = 100000 \text{ Ом}$

Суммарное сопротивление складывается из последовательно соединенных сопротивлений **R13** и

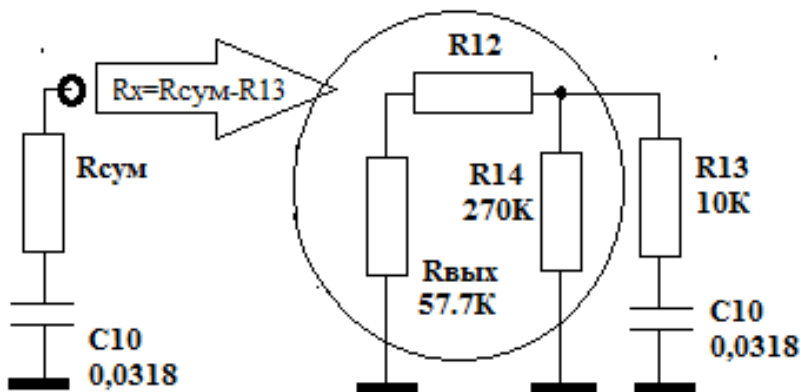


Рис. 60. Эквивалентная схема для расчета R_x

сопротивления цепи $R_{\text{вых}}R12R14$. Сопротивление этой цепи (обозначим его R_x) равно $R_x = R_{\text{сум}} - R13$.

$R_x = R_{\text{сум}} - R13 = 100 - 10 = 90$ кОм. Осталось, глядя на *рис.60*, составить уравнение для вычисления $R12$.

$$R_x = R14 \times (R12 + R_{\text{вых}}) / (R12 + R_{\text{вых}} + R14)$$

$$R12 = (R_x R_{\text{вых}} + R_x R14 - R14 R_{\text{вых}}) / (R14 - R_x)$$

подставив в это уравнение известные значения элементов найдем $R12$:

$$R12 = (90 \times 57,7 + 90 \times 270 - 270 \times 57,7) / (270 - 90) = 77,3 \text{ К}$$

Итак, для стандарта TELDEC необходимы следующие номиналы радиоэлементов: $R6 = 240$ кОм, $R7 = 100$ кОм, $R12 = 77.3$ кОм, $R13 = 10$ кОм, $C5 = 680$ пф, $C10 = 31,8$ нф.

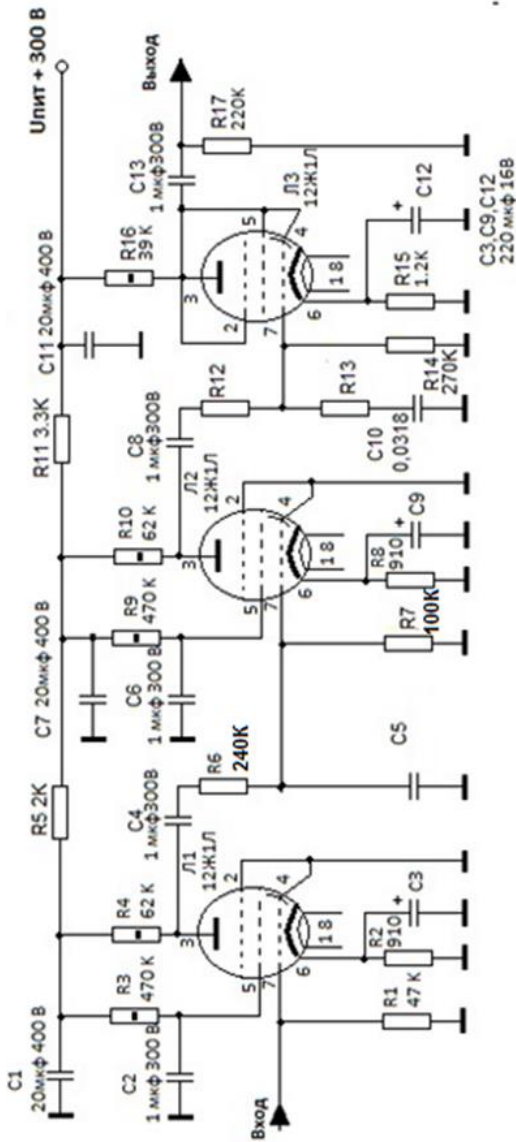


Рис. 61. Принципиальная схема корректора с распределенными по каскадам цепями коррекции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

МС-ТРАНСФОРМАТОРА

Наибольшее количество магических пассов происходит именно вокруг корректоров с входным повышающим трансформатором. Фирменные изделия позиционируются продавцами как единственно правильные и лучшие в мире (при проверке на практике, даже для очень дорогих моделей, все оказалось совсем не так). А самодельные трансформаторы очень часто их авторами преподносятся как сделанные по каким-то, только им известным, чудотворным ноу-хау технологиям. Оставим это на их совести. Но, чтобы их не обижать, оговорюсь, что не сомневаюсь, что их изделия, скорее всего лучше фирменных, так как они рассчитывают и изготавливают трансформаторы под конкретные головки, а не пытаются выжать из них универсальность, как это делают известные производители. В книге Г.С.Цыкина подробно описано конструктивное исполнение подобных трансформаторов, и более исчерпывающей информации, чем у него, лично я не нашел. Возможно, плохо искал. Разбирая разные изделия из военной техники, и изучая их конструкцию, ничего не укладываемого в то, что нашел у Цыкина, не обнаружил. Недостаток фундаментального труда Г.С.Цыкина только один – он неудобен в практическом использовании. Теоретический расчет в одном конце

книги, практический – в другом. Конструктивная реализация-в третьем. И в компьютерном варианте книги это создает большие неудобства. Итак, расчет МС-трансформатора.

Для того чтобы сконструировать МС-трансформатор в домашних условиях нужно иметь:

1. Набор Ш- или П-образных пластин из пермаллоя. Например, два одинаковых промышленных трансформатора. Удобно воспользоваться входными трансформаторами от усилителя записи магнитофона МЭЗ-28 или от усилителя электронного УЭУ-109. Последние во множестве встречаются на просторах нашей Родины. В обоих случаях кроме набора железа получаем еще и экранирующий кожух. В МЭЗ-28 пермаллой Ш-образный, в УЭУ-109 П-образный;
2. измеритель иммитанса, например, Е7-22;
3. линейку или штангенциркуль, калькулятор, лист бумаги и ручку;
4. намоточный станок (можно и без него, если рука твердая и воля железная).

ШАГ ПЕРВЫЙ. Определение исходных данных. Вычисление магнитной проницаемости сердечника

Сначала необходимо вытащить из кожуха трансформаторы. Для МЭЗ-28 это не представляет никакой трудности. Откручиваете три винта М3 по

периметру крышки, приподнимаете крышку и вместе с ней извлекаете трансформатор из недр кожуха.

С УЭУ-109 дело обстоит посложнее. Крышка кожуха с установленными на ней контактными лепестками плотно посажена на свое место и держится за счет силы трения и трех точек пайки по периметру крышки. Необходимо сначала устранить пайку, а затем выбить крышку, обстукивая ее по периметру кожуха. Иногда достаточно, держа трансформатор на весу, нанести поочередно с обеих сторон короткие удары по кронштейну кожуха. См. рисунок 62.

Далее, извлеките из обоих трансформаторов все пластины и перемешайте их таким образом, чтобы в каждый сердечник попала половина пластин из каждого трансформатора. В итоге получится два практически одинаковых сердечника. Теперь соберите уже с перемешанными пластинами один трансформатор. Если известно количество витков в обмотках трансформатора как в случае с указанными трансформаторами, выбираем обмотку с большим количеством витков и измеряем прибором ее индуктивность $L_{изм}$. Затем при помощи линейки или штангенциркуля определяем геометрические параметры сердечника и вычисляем длину силовой магнитной линии, среднюю длину витка и площадь сечения керна сердечника трансформатора.

Разборка трансформатора УЭУ-109

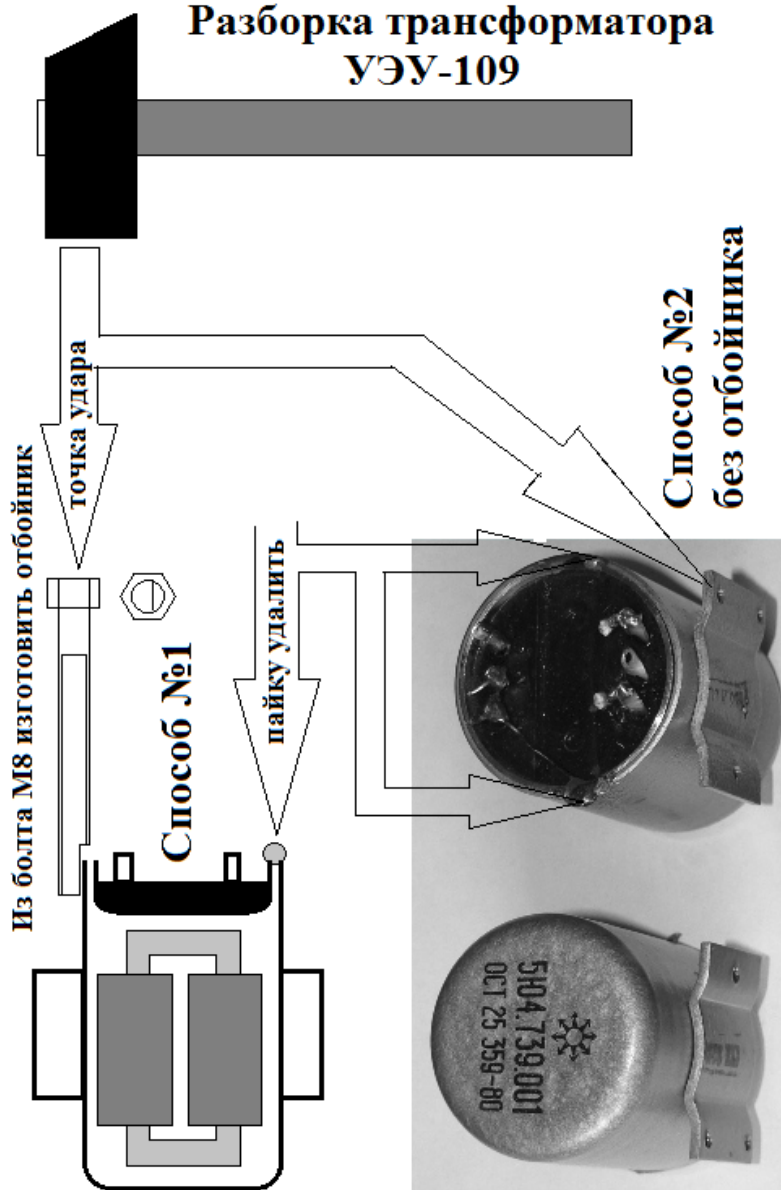
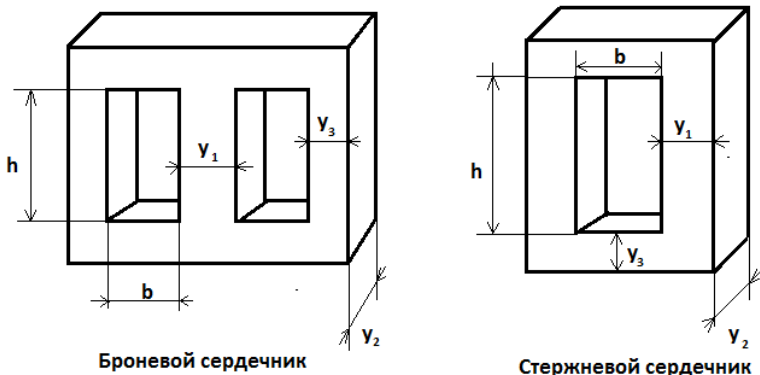


Рис.62



Геометрические величины трансформатора

l_c – длина силовой магнитной линии **в см**, вычисляемая по формуле:

$l_c = 2h + 2b + 0,5\pi y_1$ – (см) для броневого сердечника;

$l_c = 2h + 2b + \pi y_1$ – (см) для стержневого сердечника;

$Q_c = Y_1 * Y_2$ – площадь сечения ядра сердечника;

l_0 – средняя длина витка, вычисляемая по формуле;

$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 2,5b$ – (см) для броневого сердечника;

$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 1,1b$ – (см) для стержневого сердечника.

И по формуле $\mu = 8920^2 L_{изм} l_c / (w^2 Q_c)$, где

l_c – длина силовой магнитной линии сердечника **в см**;

w – количество витков в обмотке;

Q_c – площадь сечения ядра сердечника **см²**.

Вычисляем магнитную проницаемость μ .

Если число витков неизвестно, тогда после измерения индуктивности катушки необходимо будет считать

измеренную обмотку, подсчитывая количество витков. И вычислить μ по вышеприведенной формуле. В случае отсутствия обмоток придется намотать катушку (достаточно в пределах 100 витков) и провести измерение.

ПРИМЕР РАСЧЕТА.

Дано: МС-головка Clearaudio CONCERTO V2 МС.

Собственная индуктивность головки **$L_i = 35 \text{ мкГн}$**

Активное сопротивление катушки головки **$R_i = 30 \text{ Ом}$**

Импеданс **$R_v = 50 \text{ Ом}$** .

Рекомендуемое значение приведенного к первичной обмотке трансформатора сопротивления **$R'_2 = 300 \text{ Ом}$**

Нижняя граница диапазона **$F_n = 20 \text{ Гц}$**

Верхняя граница **$F_v = 30000 \text{ Гц}$**

Коэффициент частотных искажений на нижней и верхней границах одинаковы и равны **$M_n = M_v = 1.22$**

(для -1Дб)

Магнитопровод- трансформаторы от магнитофона

МЭЗ-28. У которого $w = 1440$ витков, $l_c = 10.3 \text{ см}$,

$Q_c = 1.27 \text{ см}^2$, $l_o = 8.5 \text{ см}$, $L_{изм} = 77 \text{ Гн}$

$$\mu = 8920^2 \cdot 77 \times 10,3 / (1440^2 \times 1,27) = 23962$$

Итак, магнитная проницаемость сердечника равна

$$\mu = 23962$$

ШАГ ВТОРОЙ. Электрический расчет трансформатора

Сразу оговариваем, что формулы (имеющиеся в них некоторые константы и упрощения) приведены для случая, когда **завал АЧХ на границах воспроизводимого диапазона равен -1Дб.**

Рассматривается наиболее распространенный на практике случай, когда источник и потребитель (лампа первого каскада) включены несимметрично, т.е. **схема не балансная**, а входной трансформатор изготавливается без подъема в области высших частот и включен **с шунтом во вторичной обмотке** (См.рис. 63).

1) Определение величины индуктивности первичной обмотки трансформатора L_1 и индуктивности рассеивания L_s (на высоких частотах).

Для этого надо определить необходимое активное сопротивление первичной обмотки r_1 , приведенное к первичной обмотке активное сопротивление вторичной обмотки r_2' и импеданс первичной обмотки на высоких частотах R_v . Активное сопротивление первичной обмотки r_1 равно:

$$r_1 = r_2' = R_i(1/\epsilon^2 - 1)/2, \text{ где } \epsilon = 0,8 \text{ (рекомендуемое Цыкиным значение)}$$

$$r_1 = r_2' = 30(1/0,8^2 - 1)/2 = 8,4 \text{ Ом}$$

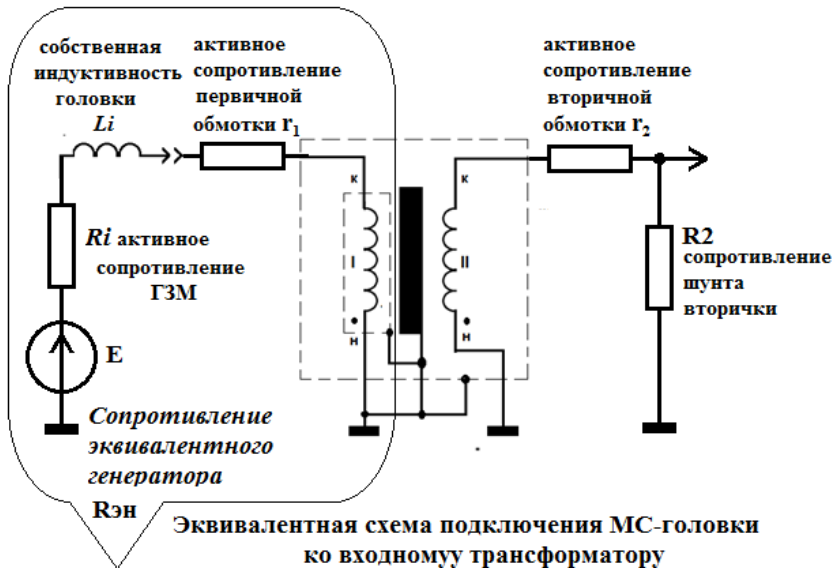


Рис.63

Импеданс на высоких частотах R_b равен:

$$R_b = r_1 + r_2' + R_i = 8.4 + 8.4 + 30 = 47 \text{ Ом.}$$

это почти совпадает с паспортным значением для головки- 50 Ом. Что косвенно подтверждает истинность рекомендаций Г.С. Цыкина по выбору величины $\epsilon = 0,8$.

2) Определение сопротивления эквивалентного генератора $R_{эН}$:

$$R_{эН} = [(r_1 + R_i)(r_2' + R_2)] / (r_1 + r_2' + R_i + R_2) = (8.4 + 30)(8.4 + 300) / (8.4 + 8.4 + 30 + 300) = 34.1 \text{ Ом}$$

3) Определение необходимой индуктивности первичной обмотки трансформатора L_1 : $L_1=0,159R_{ЭН}/(F_H(M_H^2-1)^{1/2})$

$$L_1=0,159 \times 34,1 / (20 \times 0,508) = 0,534 \text{ Гн}$$

4) Коэффициент включения нагрузки a равен

$$a = R'_2 / R_i = 300 / 30 = 10.$$

5) Вспомогательный коэффициент A_B :

$$A_B = a / (1+a) = 10 / (1+10) = 0,91$$

6) Определяем индуктивность рассеивания L_s :

$$L_s = 0,225 R_\beta (M_\beta^2 - 1)^{1/4} / [F_\beta + F_\beta (1 - 2 / (1+a))^{1/2}].$$

$$L_s = 0,225 \times 47 \times 0,71 / (30000 \times 1,904) = 1,314 \times 10^{-4} \text{ Гн.}$$

7) Проверка трансформатора на реализуемость.

Определим параметр $\sigma = L_s / L_1$. Если (для пермаллового сердечника) $\sigma < 0,003$, то трансформатор конструктивно реализуем. Проверка:

$$\sigma = 0,0001314 / 0,534 = 0,000246 < 0,003$$

Вывод: трансформатор технически реализуем.

8) Определяем максимально возможный коэффициент трансформации n :

$$n = w_2 / w_1 = 0,159 (M_\beta^2 - 1)^{1/4} / (F_\beta (A_\beta + L_s + C)^{1/2}), \text{ где}$$

C - емкость входного узла корректора, составленная из емкости трансформатора $C_{тр}$, емкости монтажа схемы

См и входной емкости $C_{вх}=C$ (первой сетки c_1) лампы первого каскада. $C= C_m+ C_{тр}+ C_{вх}$

В нашем случае C_{c_1} лампы 12Ж1Л равна **4 пф**

$C_m=30$ пф (обычное значение по Цыкину)

$C_{тр}=20$ пф (максимальное значение по Цыкину для пермаллоевых трансформаторов)

Итого получается $C = 20$ пф+ 30 пф+ 4 пф= **54 пф**.

Подставив полученные значения в формулу расчета коэффициента трансформации, получаем:

$$n=0,159 \times 0,71 / (30000(0,91 \times 9,5 \times 10^{-3} \times 54 \times 10^{-12})) = \mathbf{10,52}$$

Получить больший коэффициент трансформации при заданных технических условиях невозможно. Но и этого значения достаточно для МС-головки. Если нужен меньший, чем допустимый, коэффициент трансформации, то он волевым решением задается разработчиком, и дальнейший расчет производится с выбранным значением коэффициента трансформации. Мы же продолжим расчет с максимальным значением.

В реальном каскаде из-за влияния других элементов входной цепи сигнал на выходе трансформатора будет несколько меньше, чем $n \cdot U_{вх}$. Реальная величина сигнала на выходе трансформатора определяется коэффициентом передачи K_0 .

В нашем случае $K_0= n \cdot A_v= 10,52 \times 0,91= \mathbf{9,5}$

9) Вычисление величины сопротивления шунта вторичной обмотки трансформатора R_2 .

$$R_2 = nR_2' = 10.5 \times 300 = 33075 \text{ Ом. Выбираем } 33 \text{ кОм.}$$

10) Определение активного сопротивления вторичной обмотки трансформатора.

$$r_2 = r_2' n^2 = 8.4 * \times 10.52^2 = 926 \text{ Ом.}$$

Значения активных сопротивлений первичной и вторичной обмоток трансформатора необходимы для определения диаметра провода, которым будут наматываться данные обмотки.

На этом электрический расчет трансформатора закончен. В результате проведенных вычислений получили:

Индуктивность первичной обмотки $L_1 = 0.534 \text{ Гн}$

Индуктивность рассеивания на ВЧ $L_s = 2.6 \text{ мГн}$

Сопротивление первичной обмотки $r_1 = 8.4 \text{ Ом}$

Сопротивление вторичной обмотки $r_2 = 926 \text{ Ом}$

Сопротивление шунта вторичной обмотки $R_2 = 33 \text{ кОм}$

Коэффициент трансформации равен $n = 10.52$

Магнитная проницаемость сердечника равна $\mu = 23962$

ШАГ ТРЕТИЙ. Конструктивный расчет трансформатора.

В этой части нам предстоит определить количество витков в обмотках трансформатора и диаметр провода, которым эти обмотки следует намотать.

1) Определение количества витков первичной обмотки

$$w_1: w_1 = 8920(L_1 l_c / (\mu Q_c))^{1/2}$$

$$w_1 = 8920 * (0,534 * 10,3 / (23962 * 1,27))^{1/2} = 120 \text{ витков}$$

В данной формуле l_c в см, а Q_c в см²

2) Определение количества витков вторичной обмотки

$$w_2: w_2 = n w_1 = 120 * 10,52 = 1262 \text{ витка.}$$

3) Диаметр проводов вычисляется по формуле:

$$d_i (\text{мм}) = 0,15(W_i l_0 / r_i)^{1/2}, \text{ где}$$

l_0 – средняя длина витка в метрах (в нашем случае 0,085м); r_i – в Ом.

3.1. Рассчитываем диаметр провода первичной обмотки

$$d_1 \text{ по формуле: } d_1 (\text{мм}) = 0,15(W_1 l_0 / r_1)^{1/2}$$

$$d_1 = 0,15(120 * 0,085 / 8,4)^{1/2} = 0,165 \text{ мм.}$$

3.2. Вычисление диаметра провода вторичной обмотки:

$$d_2 (\text{мм}) = 0,15(W_2 l_0 / r_2)^{1/2}$$

$$d_2 = 0.15(1262 * 0,085 / 926)^{1/2} = 0,051 \text{ мм.}$$

Глядя на все это безобразие с диаметрами проводов, необходимо напомнить рекомендации Г.С. Цыкина на тот случай, когда диаметр провода получается настолько малым, что невозможно физически намотать трансформатор из-за разрывов провода. При таком положении не возбраняется применить более толстый провод. При этом надо стремиться брать провод с диаметром максимально близким к рассчитанному. Конечно, согласованность трансформатора будет нарушена, но останется в пределах допусков. Если толщина провода, позволяющего реализовать конструкцию, значительно расходится с расчетом, то необходимо взять другой сердечник и провести расчет заново.

У нас же все получилось достаточно точно. Из доступных проводов стандартного ряда выбираем ПЭЛ 0,18 для первичной обмотки и ПЭЛ 0,05 для вторичной.

ШАГ ЧЕТВЕРТЫЙ. Намотка катушек и сборка трансформатора

При сборке сердечника трансформатора необходимо выполнить одно принципиальное условие: входные трансформаторы собираются без зазора, т.е. «вперекрышку».

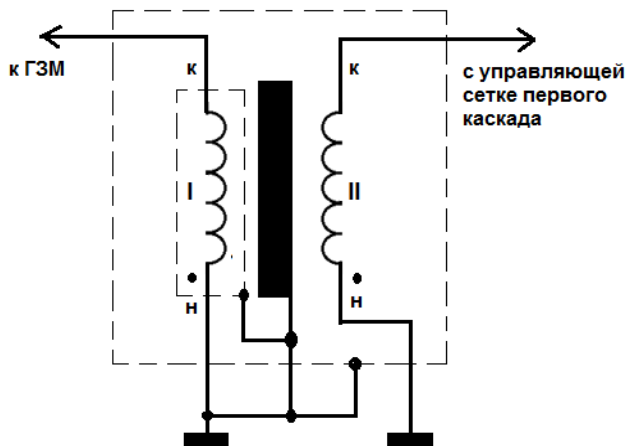
По расположению трансформатора внутри

экранирующего кожуха имеются следующие требования:

1) трансформаторы на броневом сердечнике не критичны к форме кожуха и к своему расположению внутри него. Основное требование - отсутствие электрического контакта сердечника с кожухом. Далее, чем больше свободного пространства между кожухом и телом трансформатора (в разумных, естественно, пределах), тем лучше.

2) трансформаторы стержневой конструкции требуют симметричного своего расположения внутри кожуха. Только в этом случае минимизируются наводки. Конструктивно в полной мере этому отвечают трансформаторы и кожухи от уже упоминавшегося выше усилителя УЭУ-109.

3) С целью уменьшения наводок для обоих типов сердечника следует придерживаться следующего правила: наводки магнитных полей уменьшаются при уменьшении количества витков обмоток трансформатора, и при уменьшении его геометрических размеров. Наводки электрических полей уменьшаются с уменьшением активного сопротивления обмоток трансформатора. Исчерпывающую информацию по этому вопросу можно найти в книге Г.С.Цыкина «Трансформаторы низкой частоты» 1955г. на стр.332.



Порядок включения обмоток входного повышающего трансформатора при несимметричном источнике и потребителе

Рис.64

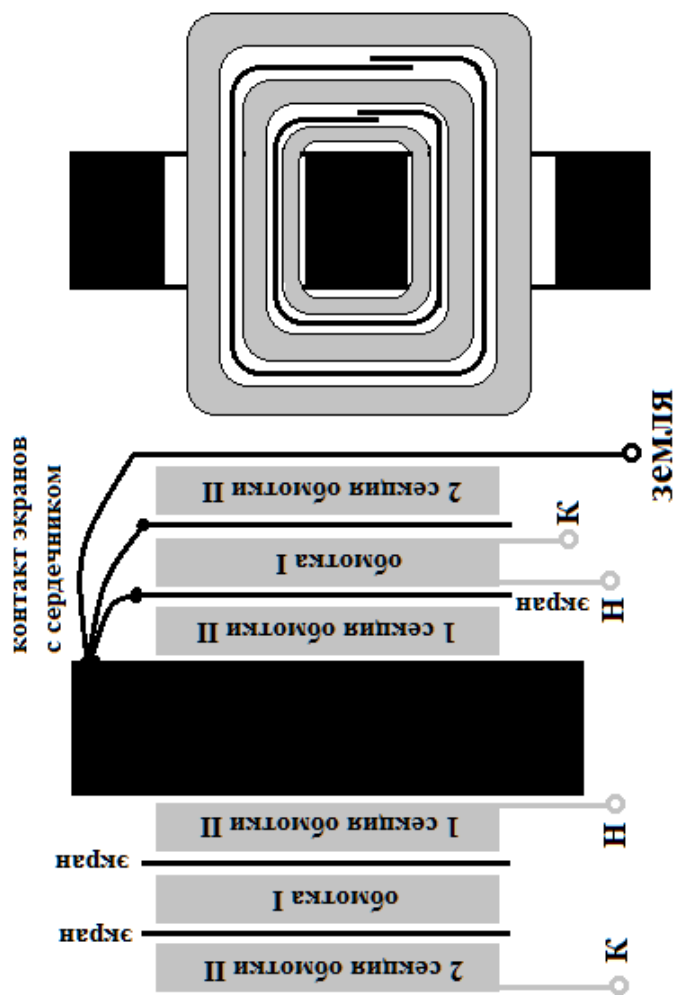
На способах намотки катушек и их внутреннего экранирования стоит остановиться поподробнее.

Первичная обмотка входного повышающего трансформатора для МС-головок, как правило, имеет сравнительно небольшое, в пределах 100-300, количество витков. Поэтому обычно все они укладываются в одну секцию. Вторичную обмотку делят на две равные секции, между которыми располагают первичную обмотку. Такого секционирования достаточно, чтобы с лихвой перекрыть звуковой диапазон частот. При этом, после

намотки первой секции вторичной обмотки, наматывают из медной фольги экран, разделяющий ее с первичной обмоткой. После намотки первичной обмотки снова наматывают экран из медной фольги, разделяющий ее с второй секцией вторичной обмотки. Понятное дело, что экраны должны быть сделаны «внахлест», но незамкнуты, во избежание образования короткозамкнутого витка. Экраны электрически соединяются между собой и с сердечником трансформатора, и от точки соединения наружу кожуха выводится провод. У трансформатора стержневой конструкции таким образом изготавливается каждая катушка. Чтобы собственная емкость трансформатора Стр была минимальной, обмотки трансформатора следует подключить так:

Первичная обмотка: начало соединить с землей, конец к сигнальному контакту входного разъема.

Вторичная обмотка: начало соединить с землей, конец к управляющей сетке лампы первого каскада.



Вид сбоку Вид сверху
Конструкция входного трансформатора в разрезе

Рис. 65

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Таблица зарубежных аналогов отечественных ламп, встречающихся в книге.			
лампа	Uн	Iн	аналог
6Н1П	6,3	0,6	Прямых аналогов нет
6Н2П	6,3 12,6	0,3 0,15	12AX7
6Н2П	3,15 6,3	0,6 0,3	6AX7
6Н5П	6,3	0,6	Прямых аналогов нет
6Н6П	6,3	0,75	Прямых аналогов нет
6Н8С	6,3	0,6	6SN7
6Н8С	12,6	0,3	12SN7
6Н23П	6,3	0,3	E88CC, E7106, ECC868, 6922
6Ж4	6,3	0,45	6AC7, 6AJ7, 1649, 6FB7
6Ж8	6,3	0,3	6SJ7, 5693
6Ж43П	6,3	0,3	Аналогов нет
12Ж1Л	12,6	0,075	Аналогов нет
6Ф6С	6,3	0,7	6F6
6С3П			Прямых аналогов нет
6СП4			Прямых аналогов нет
6С51Н	6,3	0,15	7586
6Ц5С	12,6	0,3	12X5GT
6Ц5С	6,3	0,6	6X5GT
6Ц4П	6,3	0,6	EZ90
6Ц4П	6,3	0,6	Z82
6Ц4П	12,6	0,3	HZ90

В таблице присутствует лампа 6Н2П, которая в книге не упоминается. Лампа эта, особенно зарубежные ее аналоги, очень популярна в промышленных конструкциях. Но многие эксперты ее не жалуют. Я с ними согласен. Звук она дает, как бы это выразить, «тресклявый». В общем, она узнаваема в звуке. Единственная лампа из этой серии, которая себя не выставляет, то есть не имеет характерного «двоячного» звука – 12AX7 производства Телефункен. Но, поскольку лампа очень распространена, начинающим любителям лампового звука она вполне подойдет для экспериментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. С.Л.Букашкин, Б.Ф.Змий и др. Справочник по расчету и проектированию ARC-схем.- М. Радио и Связь, 1984
2. В.Т. Поляков. Посвящение в радиоэлектронику. Радио и связь 1988
3. Н.Н. Акимов и др. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА. Справочник 1994
- 4.А.М. Бройде, Ф.И. Тарасов. Справочник по электровакуумным и полупроводниковым приборам. Госэнергоиздат,Ростиздат. 1962
5. .В. Войшвилло. Усилители низкой частоты на электронных лампах. М: Связьиздат, 1959
6. В.К. Иоффе и др. Справочник по акустике. М:Связь, 1979
7. Д.И. Атаев В.И. Болотников. Функциональные узлы усилителей Hi-Fi. Москва. МЭИ ТОО «Позитив» 1994
8. Евгений Бабиченко, Игорь Гапонов. Усилители RIAA – коррекции на вакуумных триодах для «скоростных» (электродинамических) звукоснимателей. Некоторые принципы построения схем без обратных связей. Расчёт и настройка корректирующих цепей. Одесса 2004 г.
9. А.С. Храмушин. Hi-End-усилители на военных лампах. 2017 г.
10. Г.С. Цыкин . Трансформаторы низкой частоты. 1955г.

Оглавление

ПРЕЖДЕСЛОВИЕ	3
ТЫ ПОМНИШЬ, КАК ВСЕ НАЧИНАЛОСЬ...	5
ФОРМАТЫ ГРАМЗАПИСИ.....	19
ВСТУПЛЕНИЕ В ПРАКТИЧЕСКУЮ ЧАСТЬ.....	23
ДЕТАЛИ И МАТЕРИАЛЫ.	25
РАЗДЕЛ 1. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ.....	29
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	31
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №1.....	43
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №2.....	51
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №3.....	54
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БП №4.....	59
РАЗДЕЛ 2 КОНСТРУКЦИИ НА ВАКУУМНЫХ ТРИОДАХ	61
ФОНОКОРРЕКТОР ПЕРВЫЙ ПРОСТЕЙШИЙ	77
ФОНОКОРРЕКТОР С СРПП КАСКАДОМ НА ВЫХОДЕ	80
АРТЕФАКТ, ПОЛОМАВШИЙ СТЕРЕОТИПЫ	85

ФОНОКОРРЕКТОР НА СУММАТОРЕ	93
ФОНОКОРРЕКТОР С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПО КАСКАДАМ КОРРЕКЦИЕЙ.....	98
РАЗДЕЛ 3 КОНСТРУКЦИИ, В КОТОРЫХ ТРИОДЫ ДРУЖАТ С ПЕНТОДАМИ.....	103
ФОНОКОРРЕКТОР С 6Ж9П НА ВХОДЕ	108
ФОНОКОРРЕКТОР НА ОКТАЛЬНЫХ ЛАМПАХ.....	113
КОНСТРУКЦИИ НА ПЕНТОДАХ.....	119
ФОНОКРРЕКТОР НА ПЕНТОДАХ 6Ж8	121
<i>DRANG NACH OSTEN? NEIN, NACH WESTEN!</i>	126
ФОНОКОРРЕКТОР EF11+EF14.....	134
ФОНОКОРРЕКТОР КЛАССИЧЕСКИЙ EF11+EF14 Технические характеристики (стереовариант).....	137
РАЗДЕЛ 5 ПОСЛЕДНЯЯ ИНСТАНЦИЯ. КОНСТРУКЦИИ НА ЛАМПАХ 12Ж1Л.....	139
ФОНОКОРРЕКТОР.....	151
ФОНОКОРРЕКТОР для МС-головки с повышающим трансформатором на входе.	160
ФОНОКОРРЕКТОР с дополнительным каскадом усиления на входе.	162

ФОНОКОРРЕКТОР «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ»	165
ФОНОКОРРЕКТОР «БАЗОВЫЙ»	168
ФОНОКОРРЕКТОР «МЕЧТА».....	170
ПРИЛОЖЕНИЯ	179
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕПЕЙ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ФОНОКОРРЕКТОРОВ	181
1.Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAА в классической схеме усилителя - корректора.....	183
2. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAА в схеме усилителя – корректора с непосредственными связями	193
3.Расчет усилителя-корректора с формированием постоянной времени τ_f на собственной индуктивности головки звукоснимателя.	196
4.Расчет усилителя-корректора с коррекцией, распределенной по каскадам	201
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МС- ТРАНСФОРМАТОРА	207
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	224
.....	224
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.	225