

**ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ
R1AA КОМПЕКТОР**

Cristal

Часть 1

Евгений Карпов

Эту статью можно воспринимать и как вступительную часть к дальнейшим публикациям, посвященным RIAA корректору, и как коммерческую рекламу (возможно изготовление по заказу), и как желание просто похвастаться удачным результатом. Корректор имеет отличные объективные характеристики, и самое главное – прекрасно звучит.

Корректор предназначен для работы с головками ММ типа и имеет следующие объективные характеристики:

Коэффициент усиления (1kHz)	≈ 100
Рекомендуемый уровень входного сигнала	2÷5mV
Входное сопротивление	47kΩ±0.1%
Входная емкость (регулируемая, шаг ≈ 27pF)	90÷310pF
Коэффициент нелинейных искажений (1kHz, U _{out} =0.5V _{rms})	0.02%
Уровень шума (не взвешенный)	-67dB
Уровень фона	-77dB
Уровень перекрестной помехи (20Hz - 20 kHz)	-78dB
Перегрузочная способность	+40dB
Максимальное выходное напряжение	45V _{rms}
Коэффициент нелинейных искажений (1kHz, U _{out} =45V _{rms})	1.2%
Выходное сопротивление	≈ 50Ω
Номинальное сопротивление нагрузки	47kΩ
Минимальное сопротивление нагрузки	10kΩ
Встроенные характеристики коррекции	eRIAA, RIAA, пользователя
Отклонение характеристики от стандартной (20Hz - 50 kHz)	±0.1dB
Встроенный низкочастотный фильтр	IEC RIAA
Напряжение питания	220VAC±10%
Потребляемая мощность	120VA
Время до готовности к работе	120s
Температура эксплуатации	+10÷+30C°
Количество блоков	2
Размер одного блока	170×360×95мм
Вес комплекта	12кг

Субъективную оценку давать трудно, его надо послушать, но на данный момент, еще никто не сказал, что не нравится.

Чтобы достичь желаемых параметров по уровню фона и шумов (исходную планку я сам установил достаточно высоко и потом сам же пытался ее перепрыгнуть), корректор сделан двухблочным. Один блок – собственно корректор, второй – источник питания. Блоки соединены между собой многожильным экранированным кабелем с помощью разъемов.

Корректор реализован на пальчиковых лампах. Условно можно считать, что он трехкаскадный, цепи частотной коррекции сосредоточенные, пассивные. Цепи общей ООС отсутствуют.

Входной каскад выполнен на малошумящем триоде 6С3П по классической схеме резистивного усилителя с батарейным смещением. Довольно длительные поиски оптимального решения схемы входного каскада привели меня к выводу, что наиболее сбалансированным по параметрам является именно такой вариант. Некоторые эксплуатацион-



ные неудобства, связанные с заменой батареи, сторицей компенсируются отличными параметрами.

Второй каскад - это усилитель с катодной связью и динамической нагрузкой. Каскад позволяет получить малую и стабильную входную емкость, высокое усиление и отличную линейность при удовлетворительных шумовых характеристиках. В каскаде с одинаковым успехом можно использовать довольно много разных типов ламп – 6Н1П, 6Н23П, 6DJ8, ECC31 (и вы никогда не определите на слух, какая лампа стоит).

Между первым и вторым каскадами включены частотно-корректирующие цепи, коммутируемые сигнальными реле. Стандартно реализовано две характеристики коррекции, но на плате предусмотрено место для компонентов третьей цепи коррекции, характеристика которой согласуется с заказчиком.

На выходе корректора используется мощный катодный повторитель (ток покоя выходной лампы около 20mA) с дросселем в цепи катода. Такой каскад, в отличие от классической схемы, имеет симметричный импульсный отклик для сигналов обеих полярностей при емкостной нагрузке. Поэтому корректор малочувствителен к качеству и параметрам используемого межблочного кабеля, как, собственно говоря, и к сопротивлению нагрузки. Выходная лампа - пентод 6Ж52П в триодном включении.

Вообще, рассматривать отдельно второй каскад и выходной повторитель не совсем корректно, между каскадами существуют дополнительные связи. Совместно оба каскада образуют линейный широкополосный усилитель с мощной полосой порядка 15Hz ÷ 250kHz.

Так как в корректоре все каскады несимметричные, то естественно, в спектре искажений преобладают четные гармоники, вернее – только одна вторая (до уровня выходного сигнала $8 \div 10V_{RMS}$). При максимальном выходном сигнале спектр искажений становится шире, максимальная регистрируемая гармоника – шестая, с уровнем порядка -90dB. В общем, распределение мощности продуктов искажений (при максимальном выходном сигнале) - характерное для любого хорошего одноканального усилителя.

Для устранения щелчков при включении используется реле, удерживающее выход корректора замкнутым на время переходных процессов, и таймер, который им управляет. Одновременно со срабатыванием реле загорается светодиод на передней панели, сигнализирующий о готовности к работе.

Конструктивно, вся схема корректора собрана на одной печатной плате. Такое решение имеет ряд значительных преимуществ перед классическими вариантами. Во-первых, это обеспечивает хорошую повторяемость устройства, так как схема достаточно чувствительна к топологии монтажа. Во-вторых, позволяет использовать SMD компоненты и обеспечить оптимальную компоновку каскадов. В-третьих, это позволило виброизолировать всю плату, а не только входную лампу, так как микрофонному эффекту, к сожалению, подвержены не только лампы.



В корпусе устройства (довольно тяжелая - более 2 кг) плата подвешена на восьми пружинах, воспринимающих приблизительно 90% ее веса. Десять процентов веса платы воспринимает мягкий арочный резиновый профиль, расположенный по ее контуру, одновременно он является и демпфером колебаний. Это, конечно, хлопотное решение, но весьма эффективное.

При проектировании источника питания основное внимание было уделено минимизации уровня его собственных шумов и максимального подавления шумов сети.

Естественно, все напряжения питания стабилизированы. Основные выпрямители (накала и анодного напряжения) выполнены по симметричной двухполупериодной схеме с индуктивными фильтрами, что значительно уменьшает величину импульсных токов, текущих по цепям источника. В накальном выпрямителе используются диоды Шотки, в анодном выпрямителе – кенотрон. Анодный стабилизатор двухступенчатый. Первая ступень расположена в источнике питания, и общая для обоих каналов. Непосредственно на плате корректора расположены каналные стабилизаторы. В результате принятых мер удалось довести уровень шумов анодного напряжения до $100\mu\text{V}$ и исключить влияние каналов друг на друга.

В источнике используется трансформатор специальной конструкции, с двойным экранированием, позволяющий снизить проходную емкость между цепями корректора и сетью до $120\div 130\text{pF}$ и образующий с элементами вторичных цепей фильтр, подавляющий как синфазную, так и дифференциальную сетевую помеху. Фильтр эффективно работает в диапазоне частот от единиц килогерц до единиц мегагерц. Трансформатор работает со значительно сниженной индукцией, что делает источник нечувствительным к асимметрии сетевого напряжения. Практически, источник малочувствителен к качеству питающей сети (скачок сетевого напряжения на $15\div 20$ вольт на выходе просто не регистрируется), и не требует каких-либо дополнительных фильтров, как и делает совершенно бессмысленными манипуляции с сетевыми кабелями.

Особое внимание было уделено выбору типов компонентов корректора. Чтобы корректор не стал безумно дорогим, подбор осуществлялся дифференцированно, в зависимости от расположения компонента определялись влияние его не идеальности на конечный результат и, соответственно, требования к его параметрам. Интересно, что в итоге в корректоре не оказалось ни одного компонента, числящегося как аудио бренд. Приблизительно половина брендов имеет недостаточно полную документацию (я не говорю, что компоненты плохи, просто нет полных данных), а вторая половина - заметно проигрывает по параметрам высококачественным компонентам общепромышленного применения.

При подборе емкостей для сигнальных цепей основными критериями были: тангенс угла потерь, тип диэлектрика, паразитные параметры и стабильность. Для резисторов – уровень собственных шумов, линейность, стабильность.

Если говорить конкретнее, то во входном каскаде используются нихромовые безиндукционные прецизионные резисторы, в остальных каскадах - пленочные металлодиэлектрические. Проходные емкости – полипропиленовые, в частотоподающих цепях используются прецизионные поликарбонатные и слюдяные емкости.

Точность компонентов, использующихся в частотоподающих цепях, не хуже 0.5%. Для коммутации частотоподающих цепей используются специальные сигнальные реле с нормированной величиной термоздс контактной пары.

Лампы в схеме подбираются парами: для первых двух каскадов - по усилению и уровню шумов, для выходного - только по усилению.

Заканчивая общее описание устройства, я бы хотел заметить, что, хотя в дальнейшем будет опубликована полная схема устройства, оно малопригодно для повторения в любительских условиях. Дело не столько в высокой себестоимости. Три моточных узла со сложной технологией изготовления и с жесткими требованиями по электрическим параметрам, использование специфических компонентов, наличие парка точных измерительных приборов для отбора компонентов и настройки – все это может оказаться непреодолимой проблемой для любителей. Так что эта статья, как и дальнейшие публикации, скорее должна служить иллюстрацией к подходу при проектировании подобных устройств, а отдельные технические решения могут быть использованы в других конструкциях.