

Лунх39. Скромное обаяние 829-й

История создания этого усилителя имеет очень давние корни. Ещё в начале 80-х годов прошлого века, когда я учился в школе, отец принес мне с работы несколько ламп ГУ29. Меня тогда удивило то, что лампа очень напоминала по своим свойствам две 6ПЗС в одном баллоне и, конечно же, столь замечательное изделие тут же стало кандидатом на роль выходной лампы в двухтактном 25-ваттнике, который я хотел собрать для работы с проигрывателем «Аккорд-001». К сожалению, тот проект так и не был реализован в виде законченного изделия, но несколько вариантов макетов его работали и весьма успешно.

Несколько позже я вновь обратился к ГУ29 уже в институтские годы, и сделал два законченных усилителя по несколько различающимся схемам – один с драйвером-фазоинвертором в виде дифференциального каскада с «длинным хвостом», второй – с ФИ на каскаде с разделенной нагрузкой. Невысокое напряжение возбуждения ГУ29 в тетродном режиме позволяет без особых проблем ограничиться одним каскадом усиления и даже завести общую ООС небольшой глубины для стабилизации и снижения выходного сопротивления, а наличие в одном баллоне двух тетродов с разбросом параметров значительно меньшим, чем у 6ПЗС, - реализовать очень компактный и аккуратный усилитель всего о двух физических баллонах.

По тем временам оба усилителя получились очень и очень неплохими, по крайней мере, по субъективным впечатлениям от звука при работе на «Корвет 35АС208», при всей своей простоте, были заметно лучше усилителя высокой верности Н.Сухова, который у меня был собран примерно в то же время (1989...1990гг). Более того, по мнению всех, кто слышал те усилители, вариант с выходным каскадом на 6ПЗС-Е уступал по звучанию выходному каскаду на ГУ-29.

Прошло около двадцати лет, и мы с моим другом и коллегой Сергеем (aka Volos) решили вновь вернуться к построению подобного простого усилителя, но уже на новой, куда более совершенной, элементной и технологической базе. При этом мы старались придерживаться принципа «разумной достаточности» в области комплектующих. Для проверки потенциальных возможностей «усилителя о двух баллонах» нами был собран макет усилителя, в котором было проведено объективное и субъективное сравнение нескольких версий тетрода 829В – отечественные ГУ29 Ульяновского и Рязанского заводов, 829В фирм Cetron, Mazda и RCA и их импульсные варианты ГИ30 и 3Е29 (RCA), а также различных вариантов выходных трансформаторов. Результаты макетирования оказались весьма обнадеживающими и позволили принять решение о создании полноценной законченной конструкции.

За основу усилителя взята классическая схема – фазоинвертор «концертино» и двухтактный тетродный выходной каскад. При условии использования в выходном каскаде ламп, требующих небольшое напряжение возбуждения, такая схема обладает весьма низким уровнем искажений и хорошей симметрией выходных напряжений плеч в широкой полосе частот. Аналогичный входной каскад был использован Уильямсоном в ставшей классической схеме 1947 года. Ввиду того, что вторые сетки обоих тетродов у 829-х ламп соединены вместе, то единственной схемой двухтактного выходного каскада при условии использования одного баллона является типовая тетродная. Для улучшения качественных показателей и реализации по возможности максимальной выходной мощности в заданных условиях оптимальным представляется фиксированное смещение сеток выходного каскада и стабилизированное питание вторых сеток от источника с низким внутренним сопротивлением. Принципиальная схема двухканального усилителя, разработанная с учетом вышеизложенных моментов, приведена на рис.1.

Входной каскад выполнен на первой половине двойного триода VL1 (далее обозначения я элементов приводятся для левого канала). Он обеспечивает требуемое для раскачки выходных тетродов и введения ООС небольшой глубины усиление. В катодную цепь этого триода заводится ООС либо с выхода усилителя, либо, в зависимости от конструкции выходного

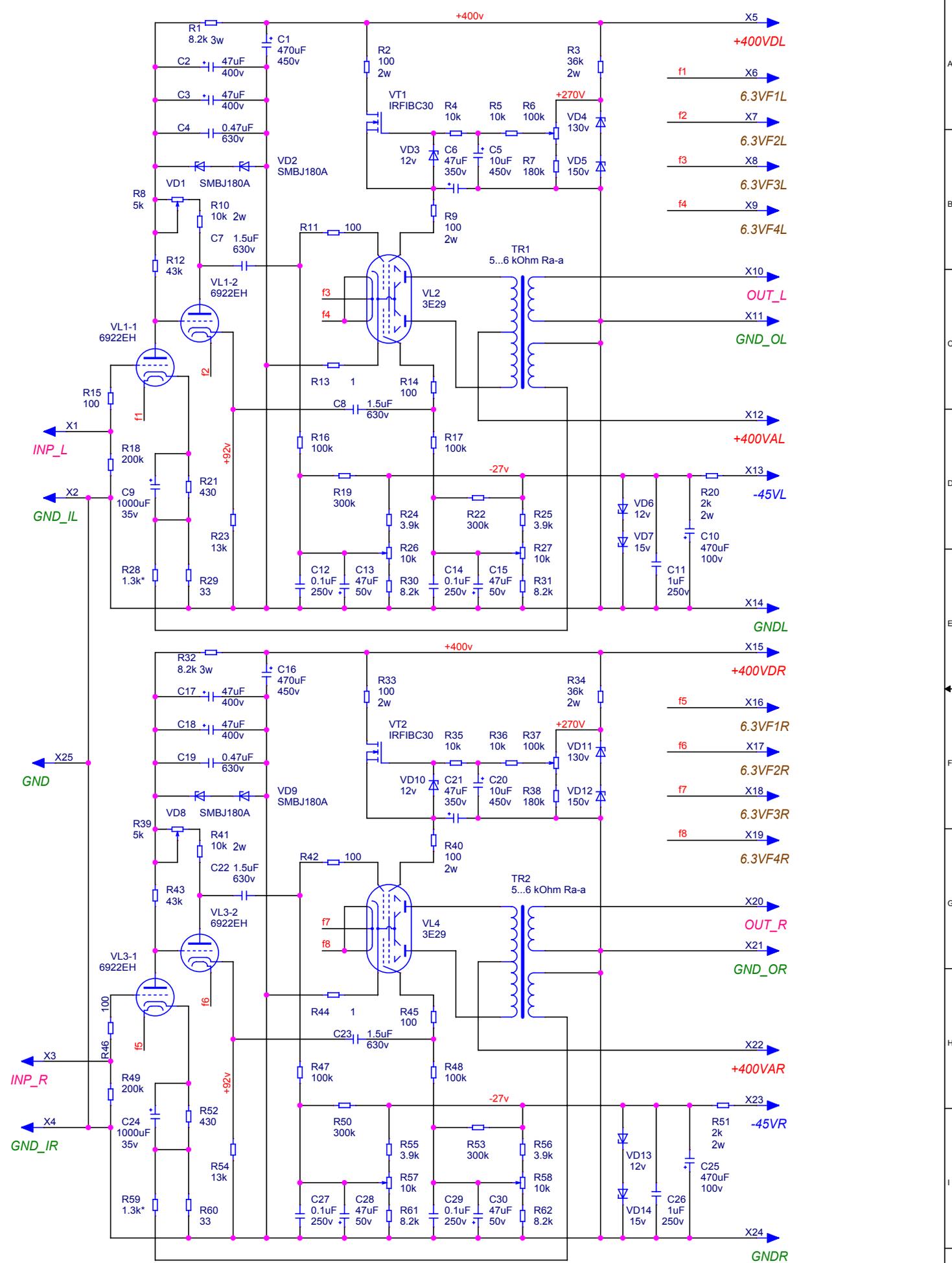


рис.1

Lynx Audio Engineering Department		
Title Усилитель мощности Lynx VTA39		
Size	Document Number	Rev
	915	9
Date:	Tuesday, March 17, 2009	Sheet 1 of 1

трансформатора, с дополнительной обмотки ООС. На второй половине VL1 выполнен фазоинвертор с разделенной нагрузкой. В анодном плече ФИ предусмотрена переменная величина нагрузки с помощью реостата R8, что оказывается полезным для компенсации разброса крутизны выходных тетродов при симметрировании усилителя, либо, наоборот, создания некоторой небольшой асимметрии для увеличения уровня чётных гармоник в выходном сигнале при финишной субъективной настройке усилителя. Для защиты конденсаторов фильтра питания от возможных перенапряжений при включении усилителя без системы плавного запуска (одновременная подача анодного питания и накала), параллельно им установлены лавинные ограничители напряжения VD1 и VD2 с суммарным значением напряжения ограничения 360В.

Выходной каскад выполнен на тетродах лампы 3E29 с фиксированным смещением и емкостной связью с предыдущим каскадом – фазоинвертором. Источник напряжения фиксированного смещения – стабилизированный с помощью VD6 и VD7. Установка величины смещения производится индивидуальными потенциометрами R26 и R27. Вторые сетки тетродов питаются от стабилизатора напряжения +225В на VT1. Он обеспечивает низкое внутреннее сопротивление источника питания вторых сеток и, тем самым, их оптимальный неизменяющийся режим работы вне зависимости от мгновенных значений токов анодов и вторых сеток. Это условие оказалось очень существенным, и его несоблюдение ухудшало и субъективное восприятие звучания усилителя, и его объективные характеристики.

Основная часть деталей усилителя размещена на двухсторонней печатной плате, внешний вид которой приведен на рис.2:



Рис. 2

В конструкции применены электролитические и пленочные полипропиленовые конденсаторы Epcos, электролитические конденсаторы Panasonic, постоянные резисторы соответствующей мощности Hitano и Phoenix, переменные многооборотные резисторы Bourne. Выходные трансформаторы – заказные, либо (если рассматривать варианты готовых приборов)

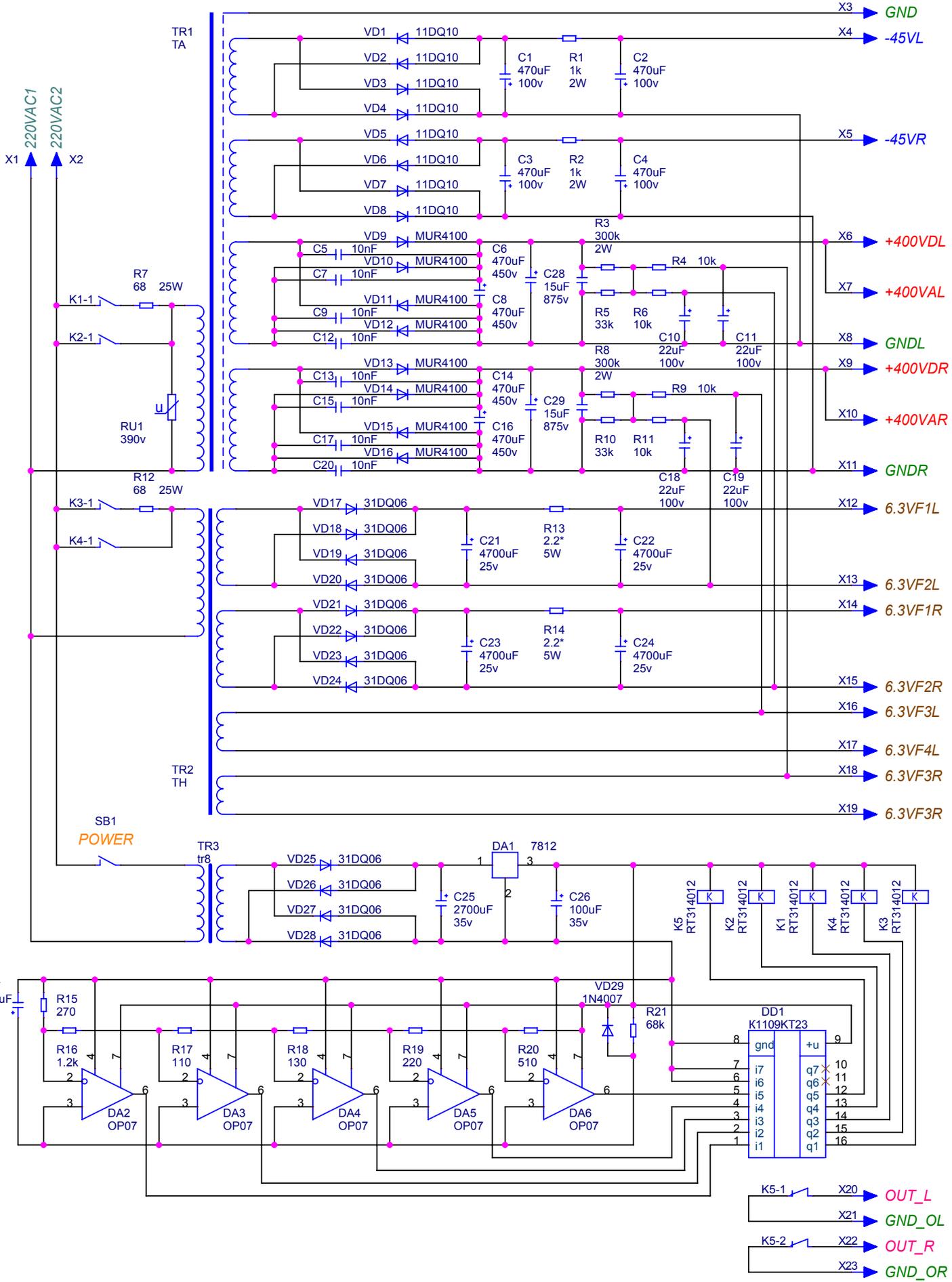


рис. 3

– Lundahl LL1620 (лучше версию на аморфном магнитопроводе - LL1620AM), Hashimoto HW40-5, HW25-5.

Принципиальная схема источника питания усилителя приведена на рис.3 (нумерация обозначений элементов самостоятельна и независима от рис.1). Он предназначен для питания двух каналов и обеспечивает все необходимые напряжения. Анодные питания и питания сеточного смещения получаются посредством выпрямления напряжений вторичных обмоток анодного трансформатора, накальные – от отдельного накального трансформатора. Выпрямление анодных напряжений осуществляется быстродействующими диодами с мягким восстановлением, шунтированными подавляющими конденсаторами, а выпрямители отрицательного смещения сеток и выпрямители накала входного каскада выполнены на диодах Шоттки.

Источник питания снабжен несложной системой «мягкого» пуска усилителя, питающейся от отдельного трансформатора (TR3). Последовательность и характер подключения анодного (TR1) и накального (ЕК2) трансформаторов определяется последовательностью срабатывания компараторов по мере заряда времязадающего конденсатора С27. После подачи питания на TR3 последовательность работы такова: подключение ТН через резистор – подключение ТН непосредственно – подключение ТА через резистор – подключение ТА непосредственно – размыкание контактов реле, шунтирующих выходы усилителя.

В фильтрах выпрямителей применены электролитические и пленочные конденсаторы Ерсос, в качестве помехоподавляющих – Hitano MPR, металлопленочные резисторы Hitano, проволочные резисторы Agcol. Для компараторов подойдут любые ОУ, в т.ч. отечественные, работающие при напряжениях питания +/-5В и выше. Реле, коммутирующие первичные обмотки трансформаторов, должны быть рассчитаны на работу с токами до 3...5А и обеспечивать напряжение изоляции не менее 2500В. Шунтирование выходов можно осуществлять любыми сигнальными реле с коммутируемым током более 1...2А. Силовые трансформаторы TR1 и TR2 – заказные тороидальные, но могут применяться и любые другие, обеспечивающие необходимые напряжения вторичных обмоток.

Всё вышеизложенное Сергей реализовал в виде законченного устройства, представление о конструкции которого можно получить из фотографий, приведенных на рис.4...6:



Рис. 4



Рис. 5

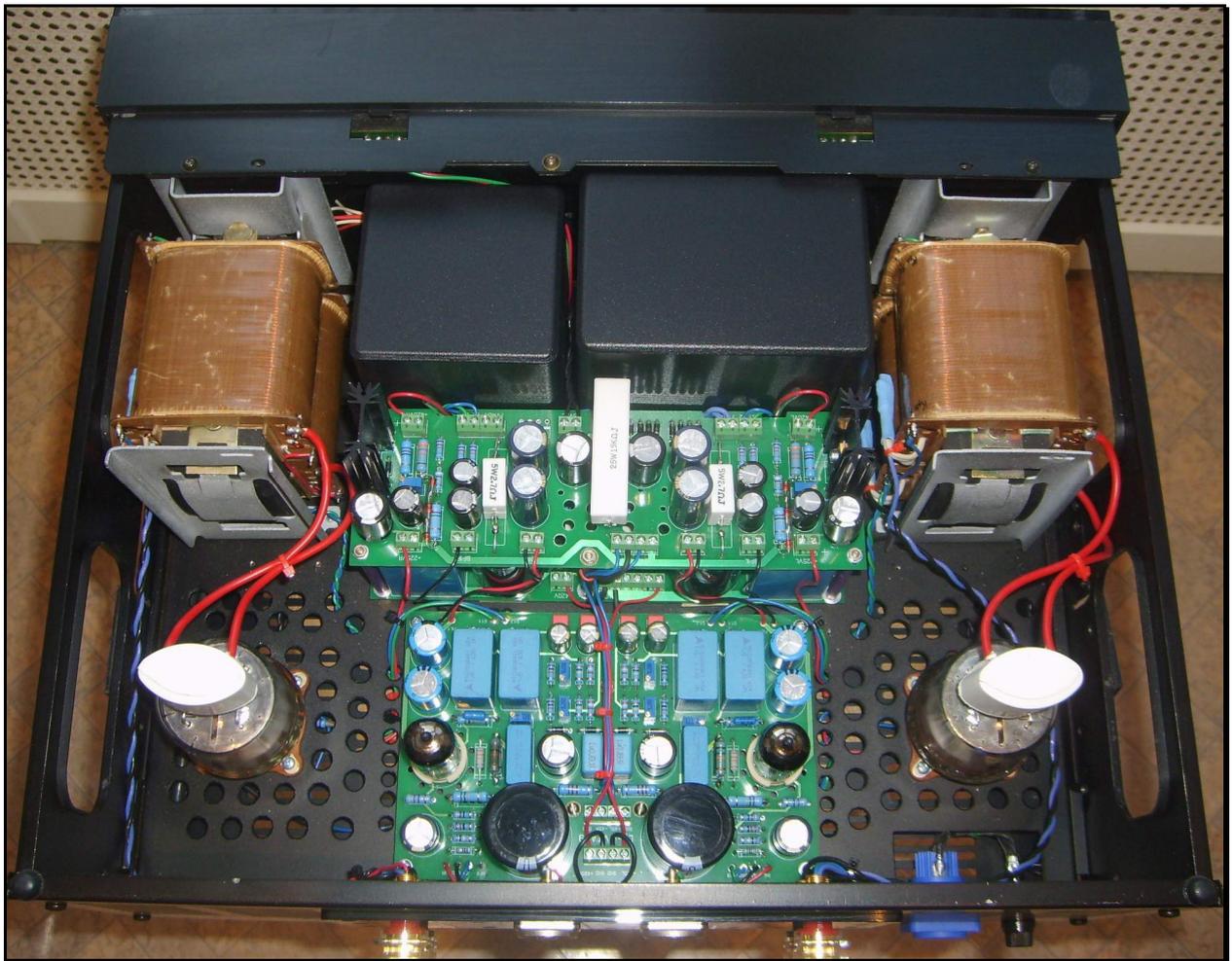


Рис. 6

За основу конструкции был взят корпус промышленного полупроводникового усилителя Onkyo M-506. В процессе работы Сергей внес некоторые несущественные изменения в схемы усилителя и источника питания, связанные с особенностями имевшегося в наличии конструктива, в основном коснувшиеся системы «мягкого запуска». Анодный и накальный трансформаторы помещены к экранирующие стальные кожуха и залиты кремнийорганическим компаундом так, что находятся в «подвешенном» состоянии и не имеют жесткой механической связи с элементами конструкции. Эта мера позволила радикально снизить вибрации и «гудение» трансформаторов в любых режимов так, что после заливки по внешним звуковым признакам определить включен или выключен трансформатор крайне сложно и возможно лишь в ночное время и в полной тишине, да и то на грани слышимости. Все элементы конструкции размещены на алюминиевом шасси, источники питания, трансформаторы, и детали усилителя мощности располагаются сверху, а устройство «мягкого запуска» - снизу шасси. Анодные колпачки – собственного изготовления, из кремнийорганического компаунда. Монтаж усилителя выполнен многожильным проводом Huber + Suhner различного сечения, аноды выходных ламп подключены с помощью многожильного провода повышенной гибкости в термостойкой кремнийорганической изоляции. Выходные трансформаторы – заказные, изготовлены А. Шалиным. Лампы входного каскада – 6922ЕН, выходные – ГУ29 Ульяновского завода, 1969 год (на момент, когда были сделаны фото, в настоящее время – RCA 3E29).

Собранный экземпляр усилителя обладает следующими техническими характеристиками (с лампами ГУ29 Ульяновского завода 1969 года выпуска):

1. Номинальный малосигнальный диапазон воспроизводимых частот при неравномерности АЧХ не более +/-1дБ , Гц	5....60000
2. Скорость нарастания выходного напряжения (с входным фильтром), В/мкс	10
3. Номинальная выходная мощность, Вт:	22
4. Максимальная выходная мощность, Вт:	27
5. Уровень гармонических искажений при мощности -1дБ от номинальной, дБ, не более:	-40
6. Уровень шумов на выходе, дБ, не более	-106
6. Уровень фона на выходе, дБ, не более	-95
11. Выходное сопротивление Ом, не более	2,5

Сравнительное прослушивание данного усилителя (источник – ЦАП Lynx23, Lynx D35, АС – Dynaudio Audience 60, Dynaudio Focus 220) выявило существенное превосходство его звучания над усилителями Onkyo M-509, Lynx9 и ZD-50, выражающееся в значительно лучшей проработке звуковой картины, большей глубине и сохранении естественных пропорций сцены, точности передачи тихих звуков на фоне громких и эшелонировании сцены не только в глубину, но и по высоте. Относительно небольшая выходная мощность (27 Вт по ограничению сигнала) не стала непреодолимым недостатком усилителя даже при работе с низкочувствительной акустикой (86дБ/Вт/м – Audience 60 и 84дБ/Вт/м – Focus 220). Более чем достаточная субъективная громкость достигается уже при средней мощности 6...8Вт, а комфортная для прослушивания – при 2...4Вт.

Спектрограммы выходного сигнала на частоте 1кГц и мощности 2 Вт и 20мВт приведены на рис.7 и рис.8., а спектрограмма, характеризующая разделение каналов на частоте 10кГц – на рис. 9 (выходные лампы – ГУ29, 1969 год, Ульяновский завод, входные – 6922ЕН, 2008 год).

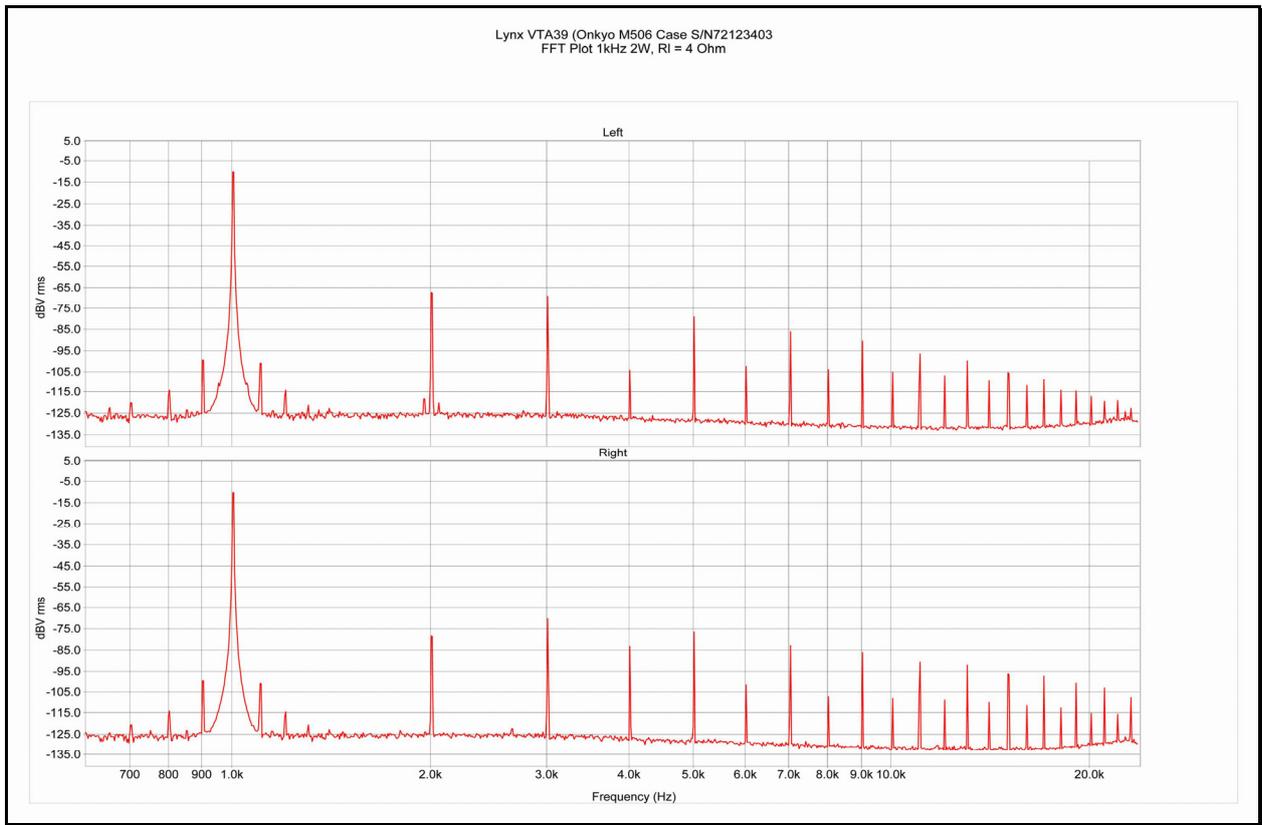


Рис. 7. Спектрограмма выходного сигнала 1кГц 2 Вт.

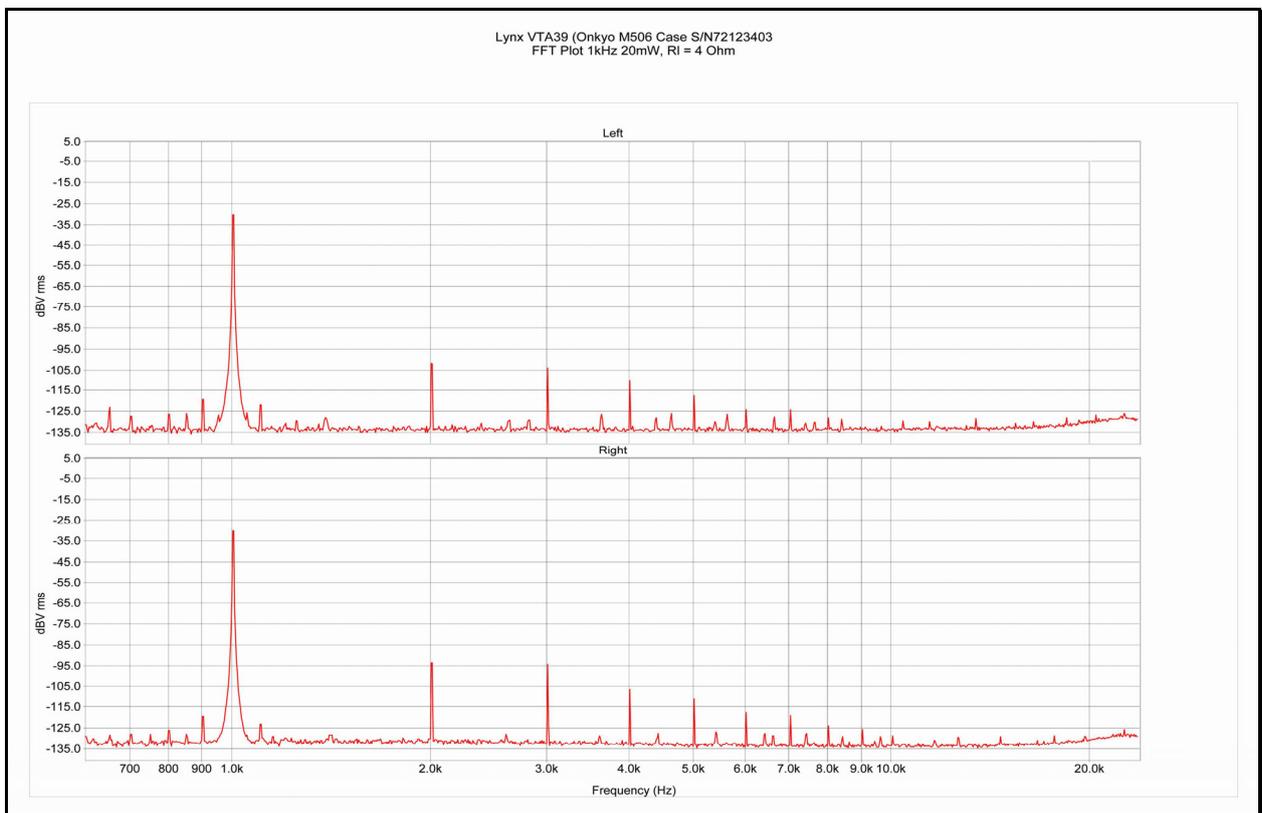


Рис. 8. Спектрограмма выходного сигнала 1кГц 20мВт.

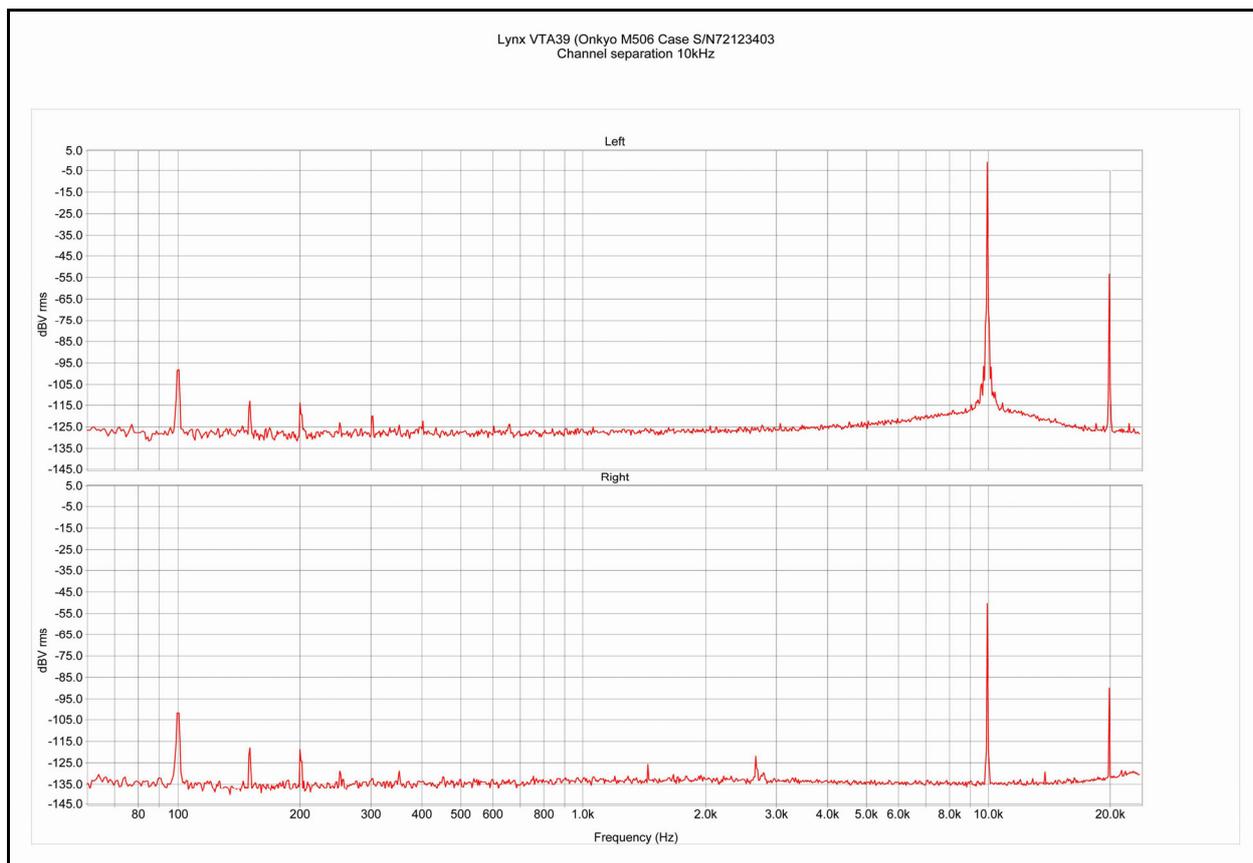


Рис. 9. Разделение каналов на частоте 10кГц.

В заключение мы хотим искренне поблагодарить за помощь и поддержку всех тех, кто прямо или косвенно принимал участие в создании данного устройства: наших товарищей и коллег Алексея Шалина (г. Воронеж), Андрея Попцова (г. С.-Петербург), участников форума «Аудиопортал», компании «Платан», «Совтек», «Вест-Эл», «Мега-Электроника», «Симметрон», «Астра Аудио».

Дмитрий Андроников (Lynx Audio)
Сергей Жуков (Lynx Audio)

С.-Петербург,
Сентябрь 2008 – февраль 2009гг.

Литература

1. Войшвилло Г. В. «Усилители низкой частоты на электронных лампах», Связьиздат, Москва, 1963.
2. Radio Corporation Of America, Tube Department. Technical Manual TT3. Air-Cooled Transmitting Tubes. Harrison, New Jersey, October, 1938.
3. Цыкин Г. С. «Трансформаторы низкой частоты», Связьиздат, Москва, 1955.