

# Усилитель мощности для головных телефонов Lynx НРА51

Рассматриваемое устройство является дальнейшим развитием созданного несколько лет назад и получившего немало положительных отзывов усилителя для наушников Lynx HA46. Своеобразное и приятное звучание германиевых транзисторов пришлось по душе многим любителям высококачественного звука, и Lynx HA46 стал второй по популярности моделью после классического Lynx HA61.

Основными недостатками 46-й модели (по отзывам тех, кто собрал или заказывал это устройство) являются невысокая температурная стабильность, необходимость хорошего охлаждения усилителя и рост искажений при работе на низкоомные нагрузки. Последнее обстоятельство потребовало более детального анализа условий эксплуатации усилителей. В результате я выяснил интересное обстоятельство – во многих случаях Lynx HA46 использовался не только, как усилитель для работы с наушниками (т.е. по своему прямому назначению), но и как малогабаритный усилитель мощности, при работе с небольшими акустическими системами. По-видимому, такому применению устройства способствовала фраза в описании об относительно успешных проведенных экспериментах по работе Lynx HA46 совместно с настольными АС. Это обстоятельство навело меня на мысль о реализации идеи универсального усилителя мощности с выходным каскадом на германиевых транзисторах, рассчитанного как на работу в качестве высококачественного усилителя для наушников с любым сопротивлением звуковых катушек, так и для работы с акустическими системами сопротивлением 4-16 Ом при выходной мощности до 10Вт. Это относится, в частности, к настольным АС, эксплуатируемым совместно со стационарными домашними и рабочими компьютерами. Таким образом, были определены основные направления модернизации устройства, позволяющие или исключить или существенно уменьшить указанные недостатки:

1. Организация системы температурной стабилизации тока покоя
2. Улучшение условий охлаждения транзисторов выходного каскада
3. Переработка схемотехники буферных каскадов для снижения нагрузки на выход ОУ и улучшения использования напряжения питания.
4. Отказ от стабилизации напряжения питания усилителя.

С учетом вышесказанного и по результатам ряда экспериментов была разработана принципиальная схема усилителя, приведенная на рис. 1.

При макетировании стало ясно, что для обеспечения хорошей линейности при работе на сопротивление нагрузки 4...8 Ом придется использовать как минимум два каскада повторителей, дабы улучшить условия работы выхода ОУ. Кроме того, было решено отказаться от активных источников тока в цепи питания элементов установки смещения выходного каскада, поскольку для их работы требуется некоторое минимальное падение напряжения, составляющее 0.7...1В, что в сумме с падениями напряжений на двух переходах Э-Б повторителей «отберет» порядка 1.5...2В максимально достижимой амплитуды. Для стабилизации тока элементов цепей смещения применена так называемая «вольтдобавка» - ПОС в выходном каскаде.

Первоначально усилитель предполагалось выполнить с транзисторами ГТ703/ГТ705 в выходном каскаде, они применялись в радиоприемниках высшего класса серии «Ленинград» и по субъективным впечатлениям обеспечивали очень приятное субъективное звучание даже в каскаде, работающем в классе В с микросхемой К273УН2 в качестве усилителя напряжения. Макетный вариант с такими транзисторами в ВК показал очень хорошие результаты, но, к сожалению, эти приборы уже не выпускаются, а найти транзисторы с нужными буквами (с напряжением коллектор-эмиттер в 30 В) в сколько-нибудь нужных количествах (хотя бы по 4...6 пар) у поставщиков не удалось. В результате, было принято решение использовать их европейские аналоги – AD161/AD162, существенно более распространенные и доступные.

# Усилитель для наушников Lynx HPA51

## LYNX AUDIO

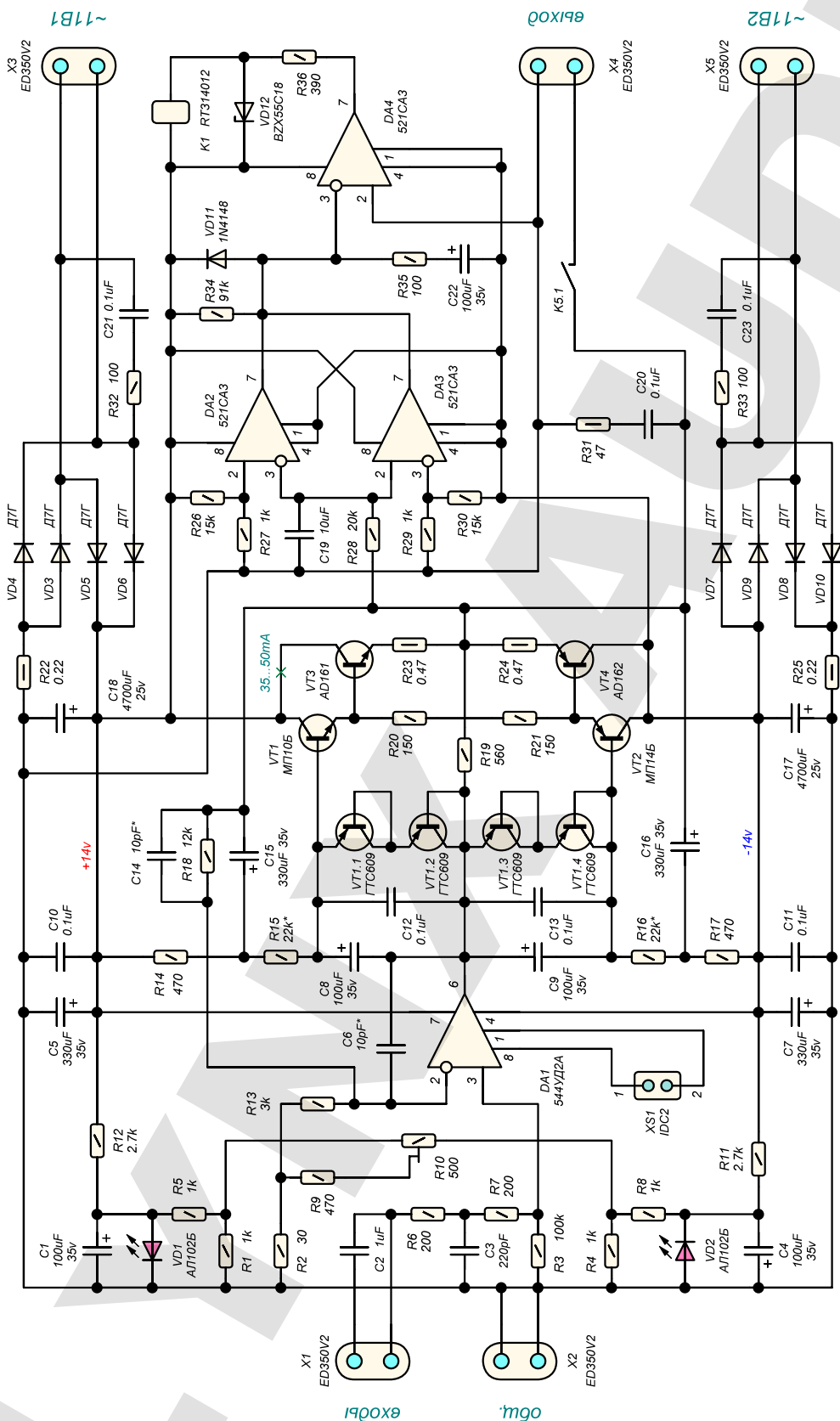


Рис. 1

Входной каскад усилителя традиционно выполнен на ОУ, причем в его схемотехнику заложена возможность применения ОУ любых типов, как с выводами балансировки, так и без них, что существенно расширяет возможный ассортимент применяемых приборов. Две внешние цепи коррекции позволяют оптимизировать переходную характеристику и уровень искажений на верхних частотах для разных типов ОУ, кроме того есть возможность использовать наши ОУ типа 544УД2 как с собственной внутренней коррекцией, так и без неё.

Для защиты нагрузки усилителя (как акустических систем, так и наушников) использована стандартная схема на основе «оконного компаратора», широко применяемая мною во многих полупроводниковых конструкциях усилителей. В отличие от специализированных «наушниковых» усилителей, в данном устройстве использованы реле с более мощными контактными группами, для того, чтобы максимальные токи при работе на АС не превышали максимально допустимых токов контактных групп. Применение компараторов 521СА3 (LM111) с достаточно мощным выходным каскадом позволяет упростить схему и не использовать дополнительные транзисторы для управления обмотками реле.

Система термостабилизации тока покоя выходного каскада выполнена на основе прямосмещенных эмиттер-базовых переходов германиевых транзисторов сборки ГТС609. Постоянство тока через переходы на периоде сигнала обеспечивает цепь ПОС с выхода усилителя, эффективно работающая на частотах от 1...2Гц и выше. Тепловая связь корпуса сборки (кстати, полностью изолированного от всех транзисторных структур) с транзисторами выходного каскада обеспечивается специальными теплопередающими полигонами, имеющими тепловой контакт с радиаторами транзисторов ВК. Сама сборка устанавливается с плотным прижимом через изолирующую теплопроводную прокладку к этим полигонам. Достаточно длительная работа усилителей на АС с сопротивлением 4 Ома при мощностях до 3...5Вт, показала эффективность такого решения.

Питание усилителей – нестабилизированное, мостовые выпрямители выполнены на германиевых диодах Д7 и снабжены цепями ограничения импульса тока заряда конденсаторов фильтра и цепями подавления колебательных процессов при коммутации диодов.

Поскольку на плате усилителя пришлось размещать довольно много крупногабаритных деталей, то при проектировании плат стало очевидно, что вариант «один канал – одна плата» существенно удобнее и в трассировке плат и в дальнейшем их размещении, чем одноплатный вариант на оба канала.

Внешний вид собранной платы усилителя Lynx HPA51 приведен на рис. 2, а собранного макета на изоляционном основании – на рис. 3.

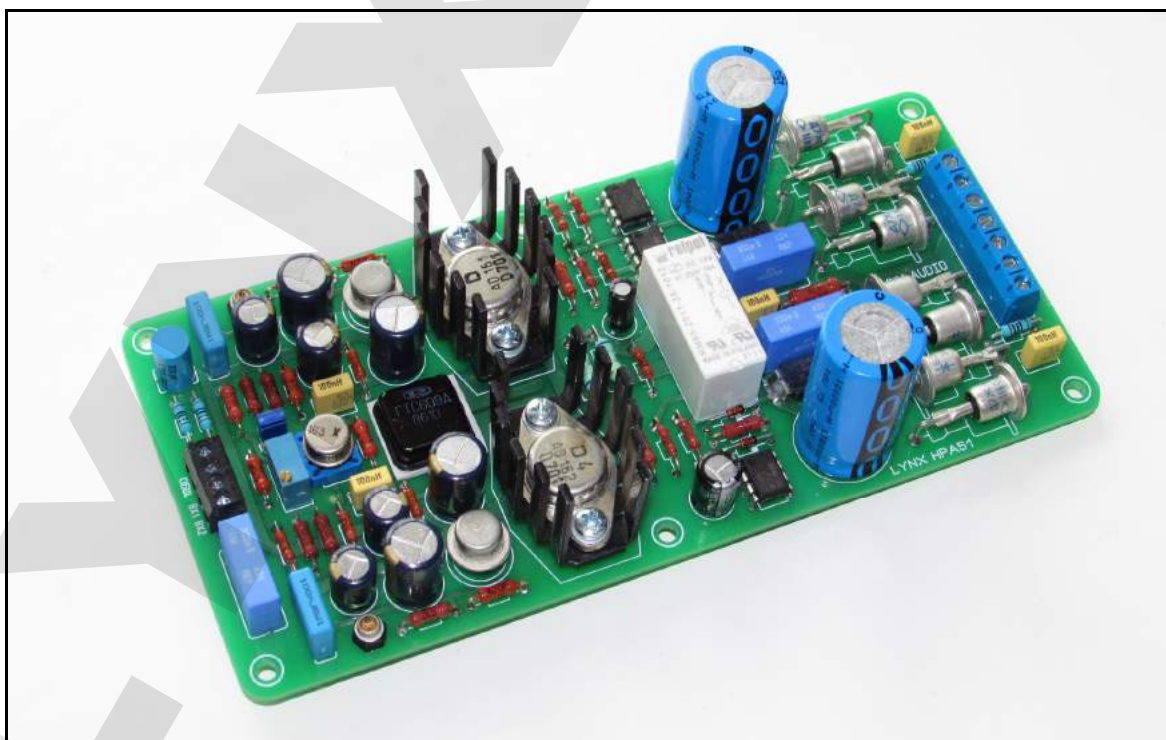


Рис. 2 Плата усилителя Lynx HPA51



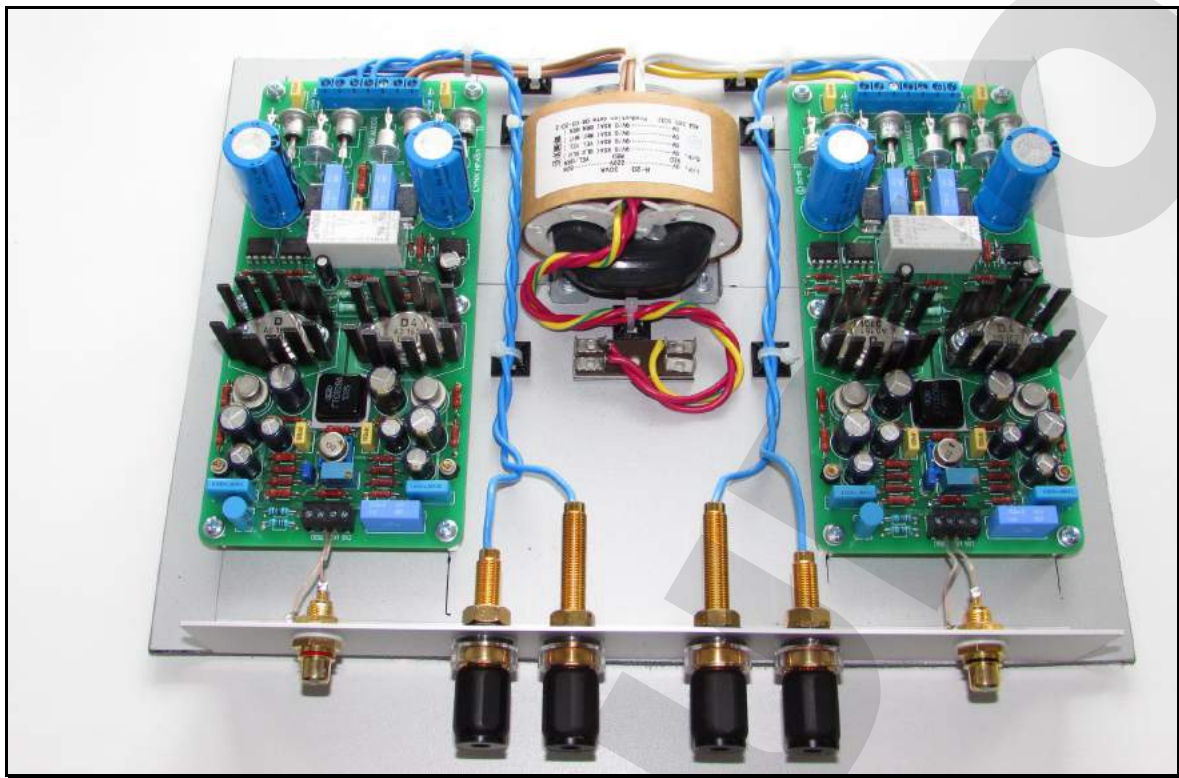


Рис. 3 Двухканальный макет усилителя Lync HPA51

Размеры платы одного канала составляют 170 x 80 мм. Для питания одного канала требуется два независимых переменных напряжения 9...12В при токе нагрузки до 0.5...1А. Очень удачными оказались китайские трансформаторы R-Core мощностью 30Вт с четырьмя независимыми обмотками по 9В и током обмоток 0.85А.

Усилители допускают очень широкую вариативность применяемой элементной базы. Во входном каскаде возможно применение практически любых ОУ, при этом цепи внешней коррекции позволяют оптимизировать и переходную характеристику, и уровень искажений. В ходе экспериментов было опробовано значительное количество разных типов ОУ: LT1122, OP42, OPA627, LM318, TL081, AD744, AD845, CA3100, 544УД1, 544УД2, 140УД8, LME49710. Наилучшие результаты по субъективному звучанию (после оптимизации коррекции под конкретный тип ОУ) показали AD744 и 544УД2 (с отключенной внутренней коррекцией), наименьший измеренный уровень искажений на частоте 1кГц – LME49710 и LT1122. Худшие результаты у TL081 и 140УД8.

Транзисторы предоконечного каскада могут быть МП10Б/МП14Б их полные аналоги МП37(А,Б)/МП40А. Транзисторы выходного каскада – AD161/AD162 (проверялась работа с транзисторами Philips, Siemens, Tungstam, Mullard) либо наши ГТ705(В,Г)/ГТ703(В,Г). В последнем случае придется продумать их физическую установку на плату для обеспечения потока тепла к сборке ГТС609. Последние могут быть применены с любым буквенным индексом.

Выпрямительные диоды – Д7 с любым буквенным индексом, либо 1N91, 1N92 и подобные. Можно попробовать применить Д310, но есть определенные сомнения в надежности из-за их низкого обратного напряжения.

Спектрограммы сигналов на выходе устройства (ОУ типа 544УД2, цепь внутренней коррекции отключена) при работе на различные сопротивления нагрузки (4, 8, 40 и 4700 Ом) приведены на рис. 4 – рис.7 соответственно.

При работе на нагрузку более 150...200 Ом спектр искажений на выходе усилителя практически не отличается от такового у используемого генератора сигналов.

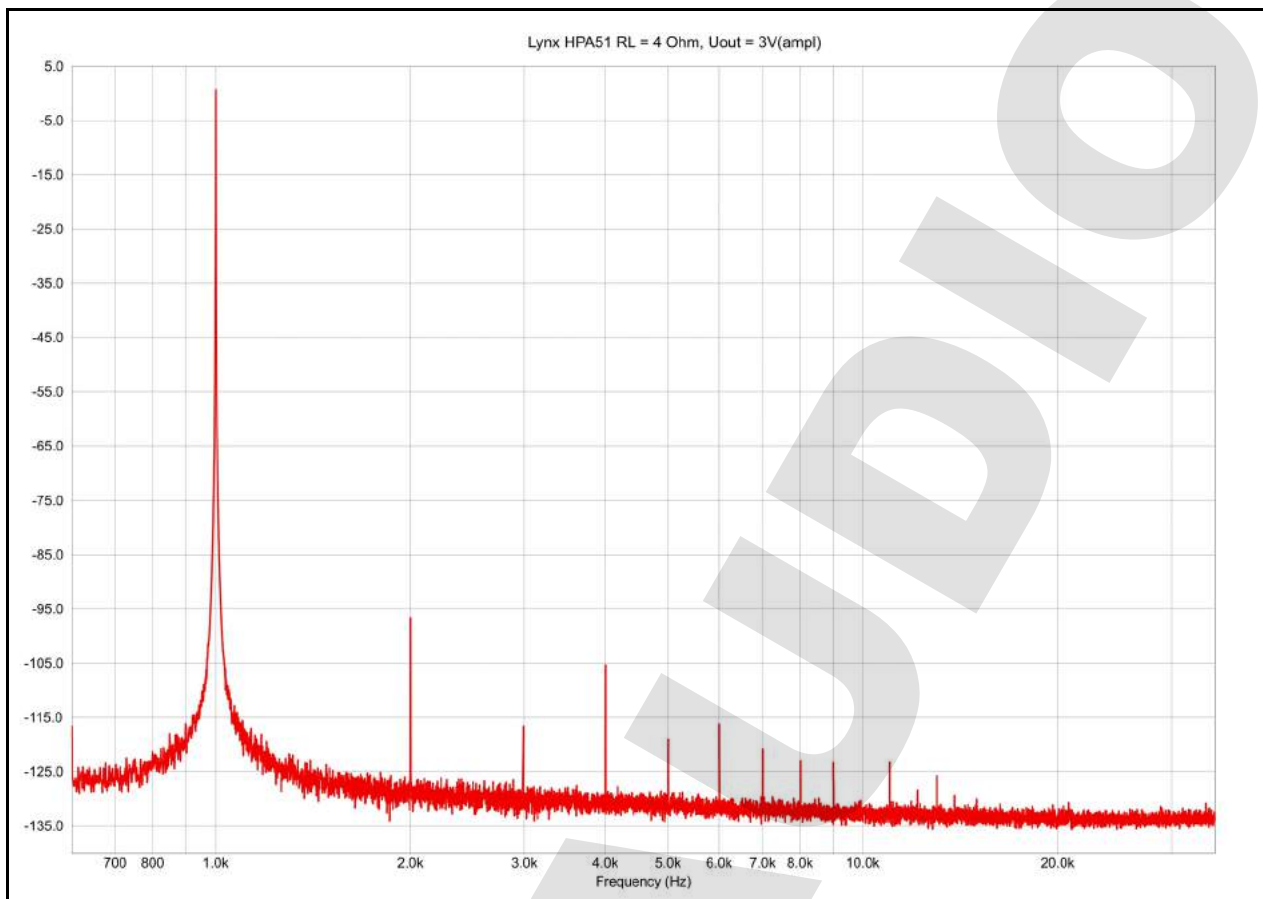


Рис. 4 Спектрограмма выходного сигнала Lynx HPA51 3В (амплитуда) на нагрузке 4 Ом

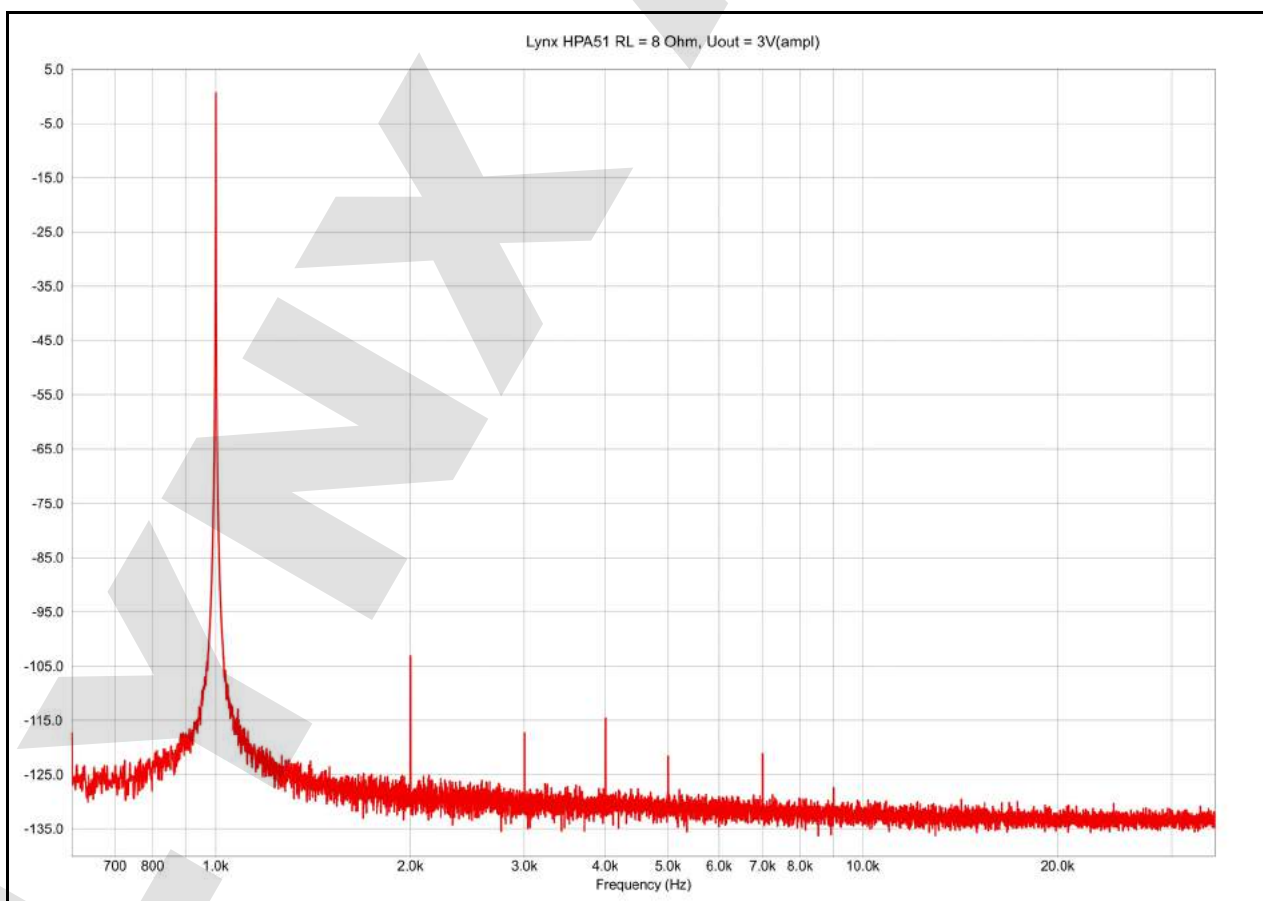


Рис. 5 Спектрограмма выходного сигнала Lynx HPA51 3В (амплитуда) на нагрузке 8 Ом

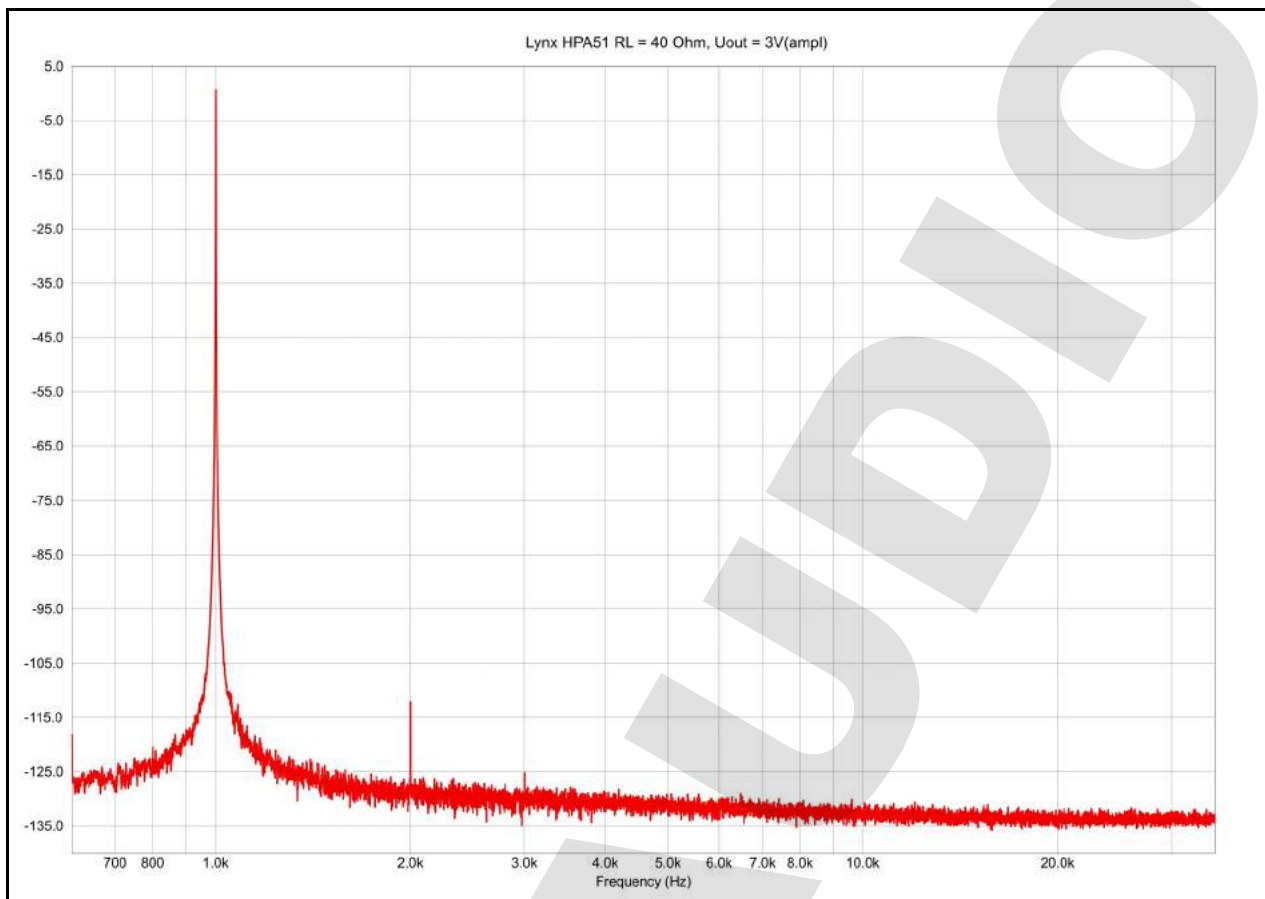


Рис. 6 Спектрограмма выходного сигнала Lynx HPA51 3В (амплитуда) на нагрузке 40 Ом

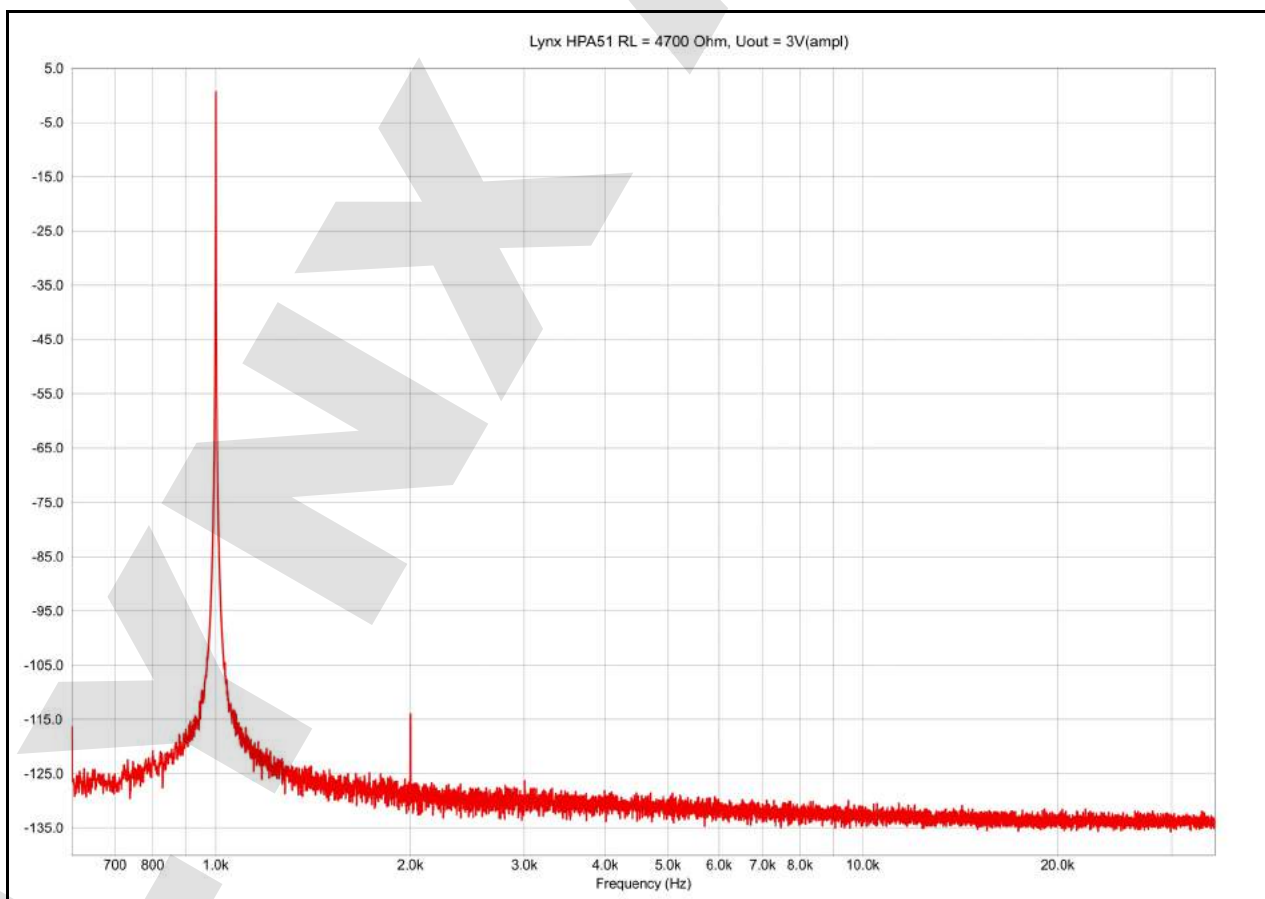


Рис. 1 Спектрограмма выходного сигнала Lynx HPA51 3В (амплитуда) на нагрузке 4700 Ом

Авторский экземпляр устройства обладает следующими параметрами:

- 1) относительный уровень шумов на выходе в полосе 100кГц, дБ ниже -115
- 2) относительный уровень гармонических искажений и помех в полосе частот 50 кГц при работе на нагрузку 40 Ом и амплитуде выходного напряжения 3В, дБ ниже -112
- 3) максимальная амплитуда тока нагрузки, А не менее 3
- 4) минимально допустимое сопротивление нагрузки, Ом не менее 3

Субъективно, при работе на телефоны Audio-Technica АТН-А900 с сопротивлением 40 Ом, усилитель обеспечивает плавное, слитное, очень естественное звучание для самого разнообразного музыкального материала. Звучание инструментов, в частности, скрипки, ксилофона, рояля очень натуральны, кажущийся размер инструментов и их тембральная окраска близки к естественным.

При работе на АС Dynaudio Contour 1.3 и Focal Diablo Utopia усилитель демонстрировал отличную динамику, ровное, спокойное звучание, хорошо справлялся практически с любыми музыкальными произведениями. При этом прослушивание музыки было очень легким, не вызывало утомления и желания выключить даже через несколько часов.

Дмитрий Андронников  
Санкт – Петербург,  
Март – май 2015 г.

**ВНИМАНИЕ! ПРИ НАСТРОЙКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДАННОГО УСИЛИТЕЛЯ СЛЕДУЕТ СОБЛЮДАТЬ ОСТОРОЖНОСТЬ В ОТНОШЕНИИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ НА ВЫХОДЕ!**

**В УСТРОЙСТВЕ ОТСУТСТВУЕТ ЗАЩИТА ВЫХОДА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ!**

**В СЛУЧАЕ КЗ ВЫХОДНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ ВЫХОДЯТ ИЗ СТРОЯ! НИКАКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КЗ НА ВЫХОДЕ АВТОР НЕ НЕСЕТ!!!!**

