

Журнал «Вестник А.Р.А.» является первым в России журналом для любителей-самодельщиков и ориентирован на публикации различных аудиоконструкций, обмен опытом и информацией.

Вестник А.Р.А. заинтересован в активном отклике читателей, дабы иметь представление о читательской аудитории.

Все материалы, присланные в журнал, являются безгонорарными, за исключением специально заказанных на определенную тему.

При перепечатке материалов из «Вестника» просьба дать ссылку на источник.

Прямая связь по тел:
(812) 101-4769, факс: (812) 251-03-19,
Белканову Александру.

БЕЛКАНОВ
Александр Николаевич
Главный редактор
«Вестник А.Р.А.»
г. Санкт-Петербург
Тел. (812) 101-4769
Fax (812) 251-0319,



Оглавление

Обзор зарубежной периодики 3
SE против PP. S. Frankland (оконч.) 6
Триод в одноконтурном мощнике.
Д. Андронников 20
SE на RB300. Д. Андронников 22
Выходной трансформатор. J. Moir 25
В гостях у Past Audio 33
В лаборатории Georg Ohm 35
Life in a Vacuum (EL34, RB300) 39
Ваши письма 48
И многое другое....

Hobby (англ.) – увлечение, любимое занятие для себя на досуге.

Спросите любого, как он понимает вышеозначенное слово, и девять из десяти, не колеблясь, ответят: Ну, марки собирать, значки, монеты... Из особого шика кто-либо даже про собирательство автомобилей может вспомнить. Да-с, на Руси повелось так, что поиск и приобретение вещей для собственного любования ими, есть блажь людей состоятельных. Иные, из отставной профессуры, оловянными солдатиками тешатся. Те, кто побогаче, картины собирают. Пушкин, тот вот список завел соблазненных его великим талантом женщин и неустанно его ширил. Такое хобби, что тут скажешь. А люду достатка скромного досужных развлечений и страстей сердечных вроде как иметь не полагалось. Вот и в наш просвещенный век эти никем не прописанные нормы живут и здравствуют.

Прочитав в иных околосвуковых журналах снисходительно-высокомерные назидания рафинированных Hi-Endщиков, едва не срывающиеся на визг и истерику, пришел я к однозначному и ясному выводу: нынче хобби доступно как раз обычному, среднему человеку. Ему нужно быть просто нормальным мужиком (женщиной), пораженным в самое сердце этим самым любимым занятием. А вот кем быть не надо, так это беспольным «нейтро», абсолютно серьезно рассуждающим о новых авто и новой же аудиотехнике. Англичане, родившие слово hobby, имеют в словаре и другое – snob или snobbery. Здесь уместен микропример. Знакомый моего знакомого имеет новенькую Audi 80 и с лукавым видом так сетует: «Надо бы ее на «бомбу» (читай BMW) 5-ой серии поменять, а то перед ребятами неудобно». Типичное проявление снобизма! Здесь не до оценки обычных потребительских качеств и сердечной привязанности; логика, управляемая понятиями корпоративной морали.

Казалось бы, пусть себе тешатся, их право. Нет! Метастазы столичного снобизма уползли в провинцию, и уже там всерьез толкуют о «закладке на ступель» Ongaku (Audio Note) с шасси из чистой меди да ламповым набором из оригинальных WE (Western Electric). Одна загвоздка, где взять выходной транс от Ongaku. Согласны на Tango (Tamura), на худший случай – Magne Quest. А как самим сделать? Да что вы! «Самопал здесь не уместен», – отвечает.

Ладно... С учетом того, что рассчитывать каскады большинство не умеет, намотка выходного транс – вещь запретельная для понимания, питерская фирма «Spb Sound» предложила КИТы (конструкторы). Но это опять же дорого, черт возьми! Капризные самодельщики цену в

\$ 250 – 300 просто отказываются понимать. Опять-таки, ладно. Возьмите только выходные трансформаторы по \$ 40–60. Нет! И это, оказывается, дорого. Иные, кто и не собирался покупать, те еще позубоскалят, мол, что ж это за трансформатор такой, за 40 долларов, только деньги зря кидать на ветер. В «Вестнике» ведь статья была про транссы, там ясно сказано, что меньше \$ 60–90 за шт. тратить вовсе неприлично. Что от них ожидать хорошего?

Ну, господа... Готов диагноз. Уложите паяльник в промасленную бумагу вместе с радиодеталями, поместите его в ящик из дюймовой доски и накрепко заколотите гвоздями. Только после этого можно с чистым сердцем читать околосвуковые журналы, благо число их уже за дюжину перевалило.

Хоббист же готов ошибаться, чтобы научиться, способен сам выкроить ненавистные каркасы для катушек трансформаторов и вручную нашинковать «бахрому» на лакоткани для изоляции. Он распотрошит кучу разъемов и добудет оттуда нужные по размеру гнезда, чтобы устроить панельки под 300В. И, как ни возмутительно, обойдется без кабелей LCOFC, припоя «аудиоотовской» выделки и ламп Toshiba, потому как другие не звучат, хоть ты тресни. А все потому, что он, робкий самопальщик по определению, крепко комплексует от невозможности иметь суперразъемы WBT и конденсаторы Black Gate/Rubicon, иным достающиеся «на халяву», лишь оттого, что торгуют они оч-чень престижной звукотехникой.

Рецепт от попечительского совета редакции «Вестника»: прекратите комплексовать сейчас же, а снобов гоните в шею, где ни встретите! Отличить их можно по несокрушимой правоте в том, что уж они знают, как должно звучать и где какой элемент в тракте портит. Они всегда без скепсиса относятся к собственной персоне и строят брезгливую мину в отношении продукта 10-летней давности. Их дело – поругивать отечественного производителя, ни на что толковое не способного, и чванливо нрауочить «самоделок кухонных», которые со своими чудовищными поделками в ихний бизнес лезут.

А на что полезное годны Вы, маги и чародеи заприлавочного пространства? Коль не слабо, проявите без спеси и высокомерия хоть малую толику своего бронебойного ин...та на страницах журнала для самодельщиков. Только, чур, не словоблудить. С этим ступайте в цветные журналы.

С приветом к тем и другим
и.о.гл. ред. А. Белканов.

Знакомить читателя с отечественной нет нужды, она доступна всякому. Зарубежные издания, несмотря на выход многих в Internet, доступны далеко не всем. Благодаря человеку широкой натуры и щедрой души – **Михаилу Борисову**, мы получили в распоряжение номера с 1-го по 4-й самого авторитетного издания по ламповой технике в Штатах – «Glass Audio» за 1997 г. Итак, приступим:

Volume 9. № 1. 1997

Несомненно, «несущим» материалом первого номера нового года является публикация конструкции двухтактного усилителя на мощных передающих тетрадах **Eimac 4-250A**. На обложке представлена его цветная фотография. Четыре тетрады причудливой формы с анодными колпачками и каждый размером не меньше литровой банки установлены на алюминиевом листе, толщиной 3 мм. Коробка из светлого дуба. Блок питания отдельный. Вес усилителя (stereo, оба канала на одном шасси) – без малого 50 кг, при размерах площадки 43x43 см. Статья сопровождается подробнейшим описанием замысла, схемой, фотографиями собранных печатных плат, рисунками плат (в части питания, остальной монтаж навесной), осциллограммами и характеристиками искажений, мощности и частотой. Есть и warning, все-таки 1280V на аноде и потребление от сети 1,5кВА при максимальной мощности 175Вт. Приведен даже список контор, где можно приобрести комплектующие для постройки такой машины. Можно по-всякому относиться к двухтактникам, но такой зрелый подход и законченное вопло-

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ ПЕРИОДИКИ

щение в железо вызывают уважение и веру в то, что эта штука действительно хорошо звучит. Приводим без подробностей схему усилителя (она-то как раз классическая схема Williamson'a) и предлагаем попробовать нашу ГК71, пусть это будет Ваш суперпроект. Рис. 1.

Далее **Рик Берглунд** продолжает методично измерять лампы (сигнальные пентоды в этот раз) и находить для них оптимальные режимы по напряжениям на аноде, по сеткам и токам в этих цепях. Все, как всегда, логично сведено в таблицы и графики. Точно и немногословно. Вдвоем с Эриком Барбуром они составляют группу постоянных (штатных) авторов, таких записных всезнаек, каковыми и являются на самом деле.

Эрно Борбели (Erno Borbely), как истинный немец, педантичен до мелочей. Он опубликовал схему линейного усилителя с балансным выходом. Ей предшествует небольшая теория дифференциального каскада, а затем практическая реализация с фотопечатными платами в натуральный размер, указанием режимов и последовательности настройки.

Марк Келли (Mark Kelly) во вто-

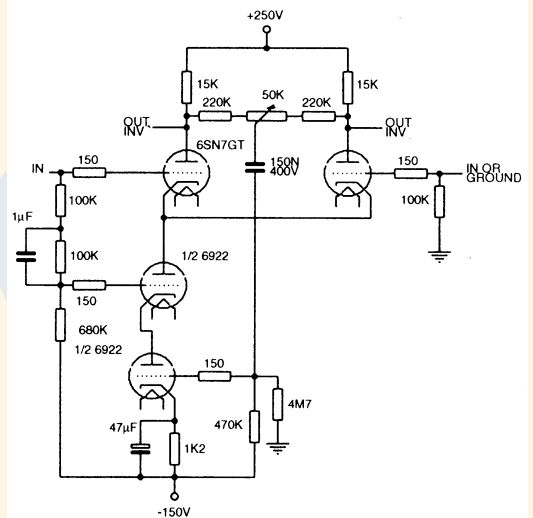


Рис. 2. Фазаинвертор Шмитта с каскодной нагрузкой в катод. Mark Kelly.

рой части статьи «The Search for Linearity» (первая была в прошлом году) продолжает складывать лампы в поисках самого линейного гибрида. Как Вам понравится шмиттовский фазаинвертор с каскодной нагрузкой в катод. Придумают же люди... См. Рис. 2.

И, наконец, **Скотт Франкланд** (Scott Frankland) заканчивает свою серию (трехчастную) обзора технической литературы, посвященной ламповой технике. Нам это богатство, скорей всего, недоступно, однако, вот несколько монографий, может удастся их откопать в Ленинке (Москва) или в Питере (Б-ка Салтыкова-Щедрина).

1. Samuel J. Mason and Henry J. Zimmerman, «Electronic Circuits, Signals and Systems (John Wiley & Sons, Inc., NY. 1960).

2. M.E. Van Valkenburg, ed., «Circuit Theory: Foundations and Classical Contributions (Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pa, 1974).

3. George E. Valley and Henry W. Valley, eds., «Vacuum Tube Amplifiers (Mc Graw Hill Book Co., Inc., NY. 1948).

Последний труд переведен на русский язык, существует в двухтомном издании под названием «Электронные усилители» и представляет собой сборник работ многих армейских, военно-морских и ВВС лабораторий США, представленных в национальный исследовательский центр Минобороны этой страны.

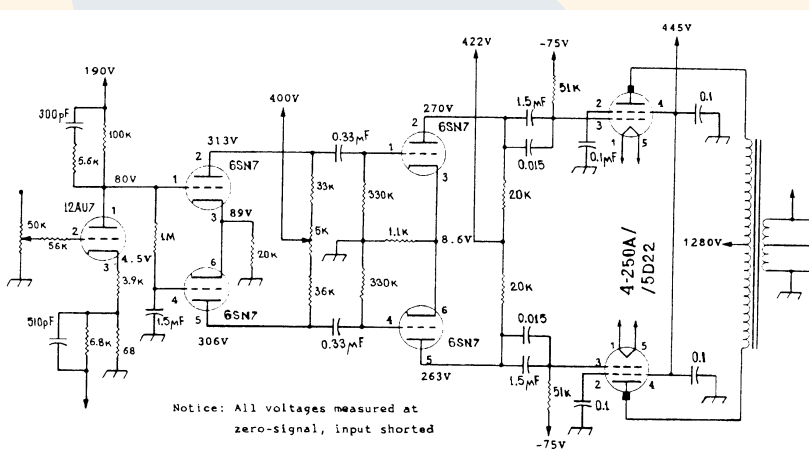


Рис. 1 Схема PP усилителя на Eimac 4-250A лучевых тетрадах. Michael A. Burrows.

На треть журнала статья **Нормана Корена** (Norman L. Koren) по применению программы SPICE (компьютерное моделирование схем) в приложении к предварительному усилителю Дуласо PAS.

Затем финн **Юкка Толонен** (Jukka Tolonen), довольно частый гость журнала, публикует весьма просторную статью с продолжением по применению ламп в выходном буфере DAC'a. Обмевив кучу ламп (12AX7, 12AT7, 6DJ8/6922) во всех мыслимых известных схемах усиления сигнала по напряжению и току, Юкка остановился на 6922. Он также владеет технологией анализа схем с помощью программы SPICE и всегда предлагает хорошо аргументированные и опробованные решения. Вторая часть статьи нами уже получена и обсуждена. Возможно, мы ее опубликуем, тем более, что она содержит рисунок печатной платы и точные рекомендации по использованию элементов.

Опять **Эрно Борбели** в своей арийской манере делится схемой предусилителя MC/MM с полнейшей распечаткой печати в полный рост и перечнем элементов. Он в свое время возглавлял отдел разработок в Дуласо и David Hafler Company, пять лет «оттрубил» в Motorola, а последние 17 лет трудится в европейском отделении National Semiconductor. Его железная поступь и бронейность решений могут кого угодно привести в замешательство.

Вот уже год, как вышел **CD-ROM** с знаменитым справочником по лампам и ламповой же технике «**Radiotron**

F.Langford-Smith

RADIOTRON DESIGNER'S HANDBOOK

A PRODUCTION OF
AUDIO AMATEUR PUBLICATIONS INC.
PETERBOROUGH NEW HAMPSHIRE USA

Designer's Handbook». В оригинале этот фолиант имеет размеры 15,5см (шир.), 23см (выс.) и толщины 7,6см. В компакт диск уложили 1498 страниц (!) авторитетнейшего текста и графиков всевозможных ламп. Вы запускаете Adobe Acrobat под оболочкой Windows и пользуетесь этим кладезем знаний, чего на бумаге (имеется в виду книга) днем с огнем не сыщешь. Дэвид О'Рурк сообщает свои впечатления. Для тех, кого заинтересовала возможность приобрести эту электронную энциклопедию, даем наводку:

Radiotron Designer's Handbook CD-ROM, by F. Langford-Smith. Заказной индекс # CDRDH. Стоимость \$69,95 плюс \$7 на территории Штатов. Посылка в Россию, возможно, увеличит стоимость (хорошо, что мы не на Марсе живем). Рассылкой ведает ф. **Old Colony Sound Laboratory, PO Box 243, Peterborough, NH 03458, US.** Если говорите по-английски, вот телефоны: (603)924-6371, (603)924-6526. Можно и по факсу: (603) 924-94-67. У нас пока такой нужной вещи в редакции нет, может быть, кто поделится. Тогда вот вам бланк заказа (см. внизу).

Что особенно нравится в Г.А., так это письма. Здесь в самом деле происходит массовый обмен мнениями и знаниями. Тот же D. O'Rourke приводит по просьбе читателя свою схему на 211-м триоде. Мы не смогли удержаться и тоже ее воспроизводим, хоть она и занимает много места. (Рис. 5). Вот это действительно здорово! Рурк еще сопровождает предостережениями, что, мол, если у вас нет опыта работы с напряжениями в 1,5–2KV, то лучше уж не стоит рисковать.

Volume 9. №3. 1997

Этот номер мы уже зачитали до дыр, хорошо, что вовремя одумались и сделали несколько копий. В первом номере за 94 год Нобу Шишидо впервые опубликовал свой однотактник на 300В с межкаскадным трансформатором. Затем последовала серия статей уже американских самодельщиков с реакцией на схему. Были в них и свои заблуждения, и тонкие открытия. Поток писем в редакцию Г.А. подтверждал тот живейший интерес вокруг разработок Shishido-san, которые снискали ему мировую популярность. Серия WAVAC, разработанная Нобу, уже запросто конкурирует с Audio Note, притом, что лишняя мистицизма Квортрупа, она обладает куда более понятной и прозрачной идеей. Представляем схему однотактника на Рис. 6.

Не менее интересны изыски Дона Дженкинса (D.Jenkins). Он давно специализируется на оптимизации включения ламп в различных схемах. На этот раз, с помощью измерений и машинного анализа, он выясняет оптимальное включение 2A3. Он вывел, что при ра-

OLD COLONY SOUND LABORATORY PO Box 243, Dept. G97 • Peterborough NH 03458 USA Tels. 603-924-6371, 603-924-6526 Fax 603-924-9467



Yes! Please send me

Qty.	Part #	Description	Price Ea.	Total Price
				\$
			*Shipping	
			Handling	\$ 2.00
			Total Order	\$

• Mastercard • VISA • American Express • Discover • Check or Money Order in US Funds Drawn on US Bank •

CARD # _____ Expiration Date _____

TEL/FAX _____ Today's Date _____

Name _____

Street _____

City _____ State _____ Zip Code _____

Shipping Weight for CDs is 1 lb. each.

SHIPPING BY WEIGHT:	Weight in Lbs.	Domestic (UPS)	Canada (Air)	Rest of World	
				Surface	Air
	1-3	\$ 5.00	\$ 8.50	\$11.00	\$23.00
	4-6	\$ 5.50	\$12.50	\$17.00	\$39.00
	7-9	\$ 6.00	\$16.00	\$23.00	\$56.00

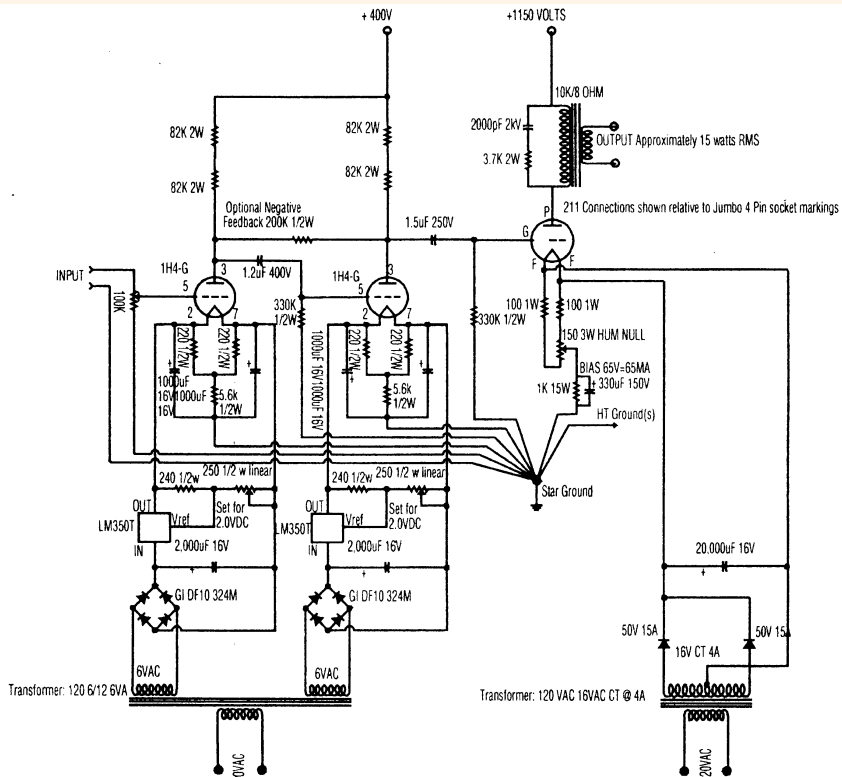


Рис. 5 Схема SE усилителя на прямокальных 1H4G и мощном триоде 211. David O'Rourke.

(4 шт.) и пара с трансформаторной нагрузкой. Гармоники представлены до 10-й. Тут же следуют догадки о возможной корреляции с субъективным восприятием. Самое забавное в том, что они предлагают измерения, похожие на методы измерений интермодуляции, назначая им гораздо большую информативность, чем спектру гармоник. По их мнению, быстрое затухание спектрального «хвоста» является почти гарантией приличного звука. Стоит прислушаться, они оба прекрасно образованы и хорошо осведомлены о положении дел в современной индустрии звукозаписи и воспроизведения. Их статья, возможно, также станет доступной для читателей «Вестника».

Юкка Толонен, как и было обещано в №2, закончил свой DAC с аналоговым фильтром и ламповым буфером. Схема вполне доступна для повторения.

Норман Корен закончил ключевые игры со своим предом с помощью компьютерной программы SPICE. И чего он только не делал со схемой пре-ада: phono с RIAA, регулятор тембра, линейный усилитель с ОС по постоянному току, совершенно не реагирующий на изменение нагрузки, и прочая... Впечатление такое, что на лампах 12AX7 впару и усилитель мощности построить, нашлась бы подходящая программа.

Наконец, заканчивает номер статья Фредерика Зайтца (Frederick J. Seitz). В ней дан длиннейший список анало-

боте 2A3 с трансформаторной нагрузкой, оптимальное смещение будет около 31–33 В, причем использовал в качестве нагрузки реальные акустические системы. Все подтверждено спектрами и графиками с таблицами.

Достоин внимания и статья бразильского специалиста Эдуарде де Лима (Eduardo V. E. De Lima). Он, используя свою самодельную акустику на головках KEF, Peerless и JVC, имеющую практически чисто резистивный импеданс, исследовал реакцию своего одноконтурника на 300B. В конце концов, выяснил способность «трехсотки» работать с минимальным выходным сопротивлением. Вышло, что меньше 2 Ом ожидать вряд ли стоит, в этом случае сопротивление нагрузки на аноде лампы должно быть 6–6,5 кОм / 8 Ом. То же самое советуют справочники WE, при этом лампа у них используется при максимально возможном рассеянии тепла на аноде. Возможно, 5 кОм и есть величина, на которой можно сойтись с точки зрения всех возможных компромиссов.

шающая способность вплоть до 120дБ!) попытались выяснить поведение 6SN7 в семи различных включениях. Кроме обычного каскада с резистором в аноде, были препарированы каскады SRPP

Volume 9. №4. 1997

На обложке нарисованы, с помощью компьютерной графики, трехмерные характеристики искажений. Это Линн Олсон и Мэт Камна (Linn Olson, Mat Kamna) с помощью современных измерительных приборов (разре-

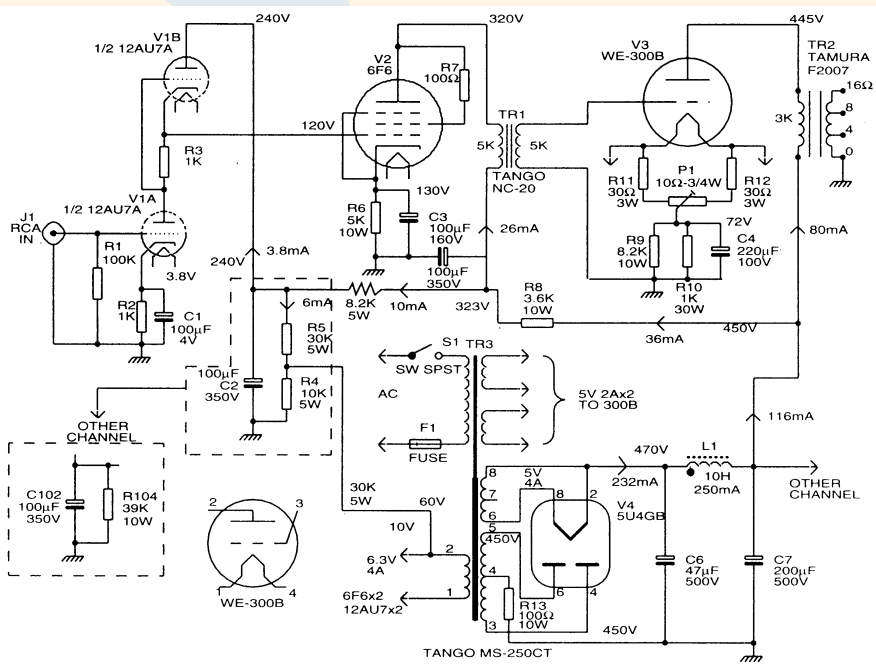


Рис. 6 Схема SE на WE 300B с межкаскадным трансформатором. Версия обновленная и улучшенная. N.K. Shishido.

гов для ламп военного применения серии VT с гражданскими американскими. Статья хороша как редкий справочный материал.

Этим, однако, номер не исчерпан. К нему приложен вкладыш под названием **V&T News**. V&T означает Valve и Tube, чтобы и для американцев, и для англичан было понятно, что это «Новости ламповой индустрии». Пока это приложение к журналу бесплатно. Впоследствии такое название будет иметь журнал с подписной стоимостью на год \$ 50. Полноценный выпуск ожидался в сентябре. Так вот, из 8-ми страничного приложения мы узнали, что фонд под названием Defense Enterprise Fund инвестировал \$ 3.000.000 в совместное российско-американское предприятие (читай Svetlana Electron Devices, Inc) с целью конверсии петербургского предприятия. Оттуда же мы узнали, что S.E.D. контролирует большую часть приватизированного (sic!) гиганта и направляет немыслимые усилия на развитие дорогой нашему сердцу «Светланы». Хм, сказать по правде, дело обстоит изрядно иначе, впрочем, поживем – увидим... Далее S.E.D. сообщает, что Эрик Барбур (Eric Barbour) приглашен в инженерную команду Svetlana, только не у нас, а в Potrola Valley, штат Калифорния. В новообразованной лаборатории он будет заниматься составлением технических заданий и тестированием ламп различного применения, звуковых в том числе. Что ж, если нашим это надо, так пусть теперь американцы навяжут свою инициативу и, наконец, заставят работать «Светлану» по-настоящему. Мы им не пригодились, а жаль...

Plitron Manufacturing сообщает о начале выпуска новой серии тороидальных выходных трансформаторов, сконструированных Menno J. van der Veen'ом. Это единственная компания, производящая выходные трансформаторы. Рекламные характеристики на них просто убийные, хотя, как на самом деле – не ведаем. Если кого-либо это заинтересовало, сообщаем адрес:

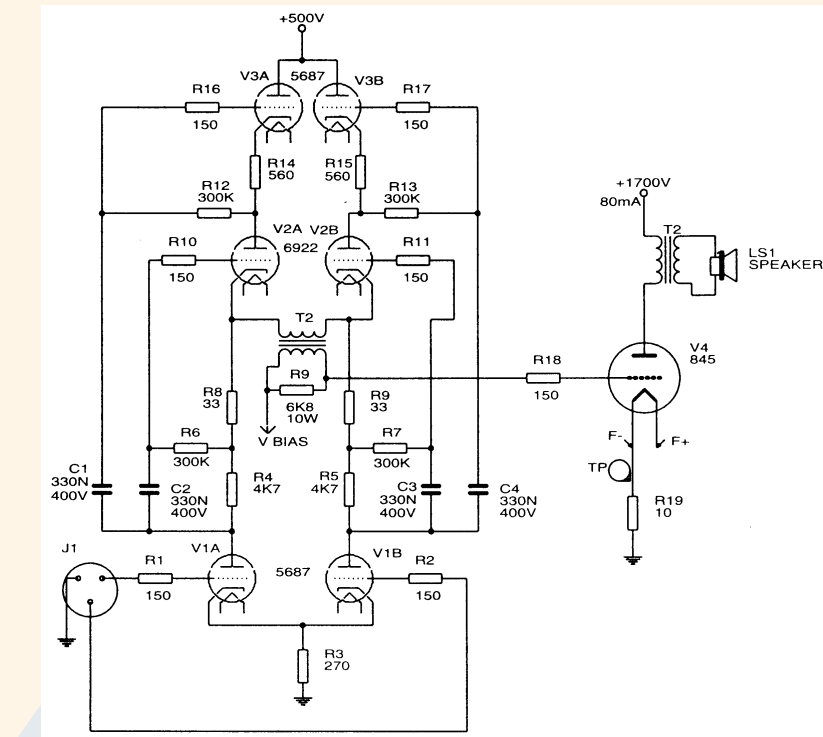


Рис. 7. Мостовое включение межкаскадного трансформатора в SE усилителе на 845-м триоде.

Plitron Manufacturing Inc., # 8 601 Magnetic Dr., Toronto, ON M3J 3J2, Canada, tel: (416)667-9914, Fax: (800)754-8766, website http://www.plitron.com.

В письмах этого номера разгорелась дискуссия с **Марком Келли**, большим специалистом по составлению многоэтажных каскадов (см. обзор G.A. 1/97). В ответе на одно из писем Келли предлагает следующую схему (См. Рис. 7.). Полагаем, что она может показаться интересной тем, у которых есть балансный выход в пресуперусилителе. С разъяснениями и уточнениями режимов данной схемы мы пока воздержимся.

Вот, вкратце, такова начинка первых четырех номеров за 1997 год этого интереснейшего журнала.

В последнее время в нем много рекламы. На каждом развороте страница отдана под нее. Однако она деловая, не назойлива, без пестроты всех оттенков (журнал черно-белый), лишена кривлянья пластилиновых человечков и прочей чепухи. Единственно, что раздражает, это реклама Sovtek'a. Те покупают 4–5 страниц, да еще обратную сторону обложки. От этого уже не по себе. Что тут скажешь, их дело торговое – наливай да пей!

Мы рассчитываем и в дальнейшем знакомить вас с периодикой, которая, быть может, нам более доступна, чем многим из вас. **Ред.**



Электроламповый завод в Рязани испытывает серьезные финансовые затруднения. Со слов коммерческого директора предприятия, у них еще остался большой запас деталей для панелек под 300В, однако, для сборки нет средств. Так что проблему панелек для 300В, SV572, SV811 любителям придется решать самим.

В России впервые побывал **В.А. Питтман (A. Pittman)**, руководитель крупной дистрибьюторской фирмы Groove Tubes. Он намерен разместить заказ на KT66 (собственная версия 6L6 английских

компаний Marconi, GEC). Если все сложится удачно, может, и российским самодельщикам что перепадет.

В одной из своих разработок, в последствии переданных для производства на фирму YOSHIKI INDUSTRIAL CO., LTD, Нобу Шишидо (N.K. Shishido) использовал для раскачки выходного каскада лампы 6AG7. Схема, конечно, SE-DHT (Single Ended- Direct Heated Tube). Точный аналог этой лампы – 6П9; в схеме она включена триодом, требуемое сопротивление межкаскадного трансформатора около 5кОм. Следует присмотреться к этой лампе.

ОДНОТАКТНЫЕ ПРОТИВ ДВУХТАКТНЫХ

Часть 2. (продолжение)

Scott Frankland, ж. Stereophile 1/97



Худ. В. Вазарели. Схематка. 1945 г.

УМЕНЬШЕНИЕ ПРОДУКТОВ ИСКАЖЕНИЙ

Исходя из соображений идеального воспроизведения, любое изменение тембра инструмента нежелательно. Из чистой теории мы также знаем, что добавление любой гармоники все равно проявится в конечном сигнале. Из этого следует, что, если целью является достижение нейтральности воспроизведения, должны быть найдены средства, делающие неслышными весь спектр внесенных гармонических продуктов.

Эта инженерная задача может быть решена посредством применения каскадов с низкими искажениями: источники тока, активная нагрузка, дифференциальные усилители, буферы и каскодное включение (67, 68). Но даже в этих случаях искажения присутствуют. Отрицательная обратная связь (ООС, для краткости в дальнейшем ОС, если не будет оговорена иная) является традиционным инструментом для уменьшения всякого рода нелинейностей в усилителях. К сожалению, довольно часто подобная технология применяется неправильно.

Дик Олшер (**Dick Olsher**) рассуждает по данному вопросу: «Минималистская схематехника (в 20-е годы) обычно не использовала общей петли ОС... И это одна из главных причин, почему одноктактики столь без усилий выкарабкивались из состояния перегрузки».

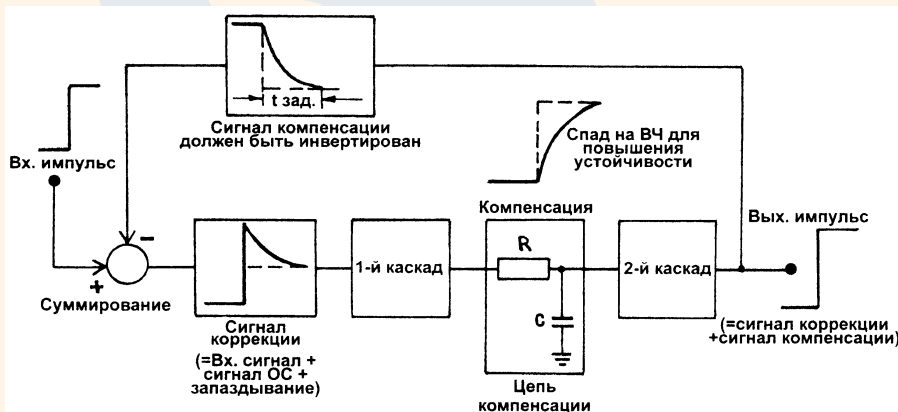


Рис.25. Схема, моделирующая механизм ТИМ. В такой схеме искажения ТИМ исключены, несмотря на задержку, вносимую цепью RC, так как выброс сигнала ошибки не перегружает первый каскад.

Резкие всплески сигнала могут толкнуть усилитель в область больших искажений или режим кратковременного (в несколько миллисекунд) возбуждения.» (45, стр. 105).

Эта декларация справедлива лишь в том случае, если ОС неверно рассчитана и применена. Существует три фактора, определяющих время восстановления усилителя с обратной связью (все они равнозначны): 1) запас по фазе; 2) достаточность усиления; 3) динамическая характеристика первого каскада, реагирующего на корректирующий сигнал обратной связи. Если все три фактора имеют величину, достаточную в

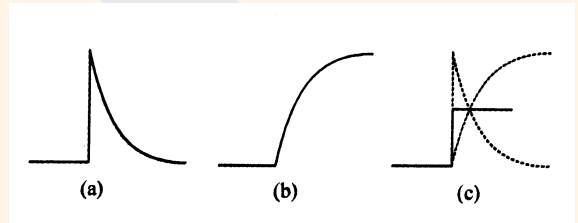


Рис.26. (а) – сигнал ошибки, (b) – компенсированный сигнал, (с) – эффект сложения (а) и (b).

каждом конкретном случае, то время выхода из клиппинга* для усилителя с ОС будет тем же, что для усилителя без нее.

Первые два фактора хорошо изучены и не станут обсуждаться здесь. Следует лишь сказать, что главной целью компенсации является доведение коэффициента усиления до единицы к моменту, когда фазовый сдвиг достигает 180° (69). Таким образом достигается стабильность и устойчивость. Фактор третий часто не верно понимаем или вовсе не берется в рассмотрение: противостояние входного каскада сигналу коррекции, поданного с выхода устройства. Этот сигнал весьма большой амплитуды на высоких частотах вследствие того, что компенсирующая цепь, удовлетворяющая условиям 1 и 2, вносит временную задержку. При больших амплитудах сигнала на ВЧ на выходе появляется значи-

тельный выброс корректирующего сигнала (Рис. 25). Он появляется из-за того, что ОС действует слишком поздно, когда требуется полностью подавить входной сигнал с частотой выше, чем та, на которую рассчитана компенсация.

Рис. 26 наглядно представляет, как корректирующий сигнал (а) складывается с компенсирующим сигналом (b), чтобы восстановить оригинальную (исходную) форму сигнала (с). После этого стал очевиден вторичный эффект компенсации: уменьшение полосы полезного сигнала и при этом ускорение сигнала обратной связи! Результатом будет то, что сигнал ОС «догонит» основной (полезный) сигнал, чтобы, вв-

КЛИППИРОВАНИЕ, ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ

ремя сложившись с ним, воссоздать такой, который на выходе будет подобен входному. Если этого не происходит, результирующая форма сигнала (с) не будет прямоугольной, а будет иметь срез фронта или выброс, как на (b) или (a).

Можно рассмотреть это взаимодействие иным способом: представить компенсирующую цепочку как интегратор с реакцией в виде (b), а серво цепь с реакцией, приведенной ко входу, как дифференциатор (a). Когда продифференцированный сигнал окажется проинтегрирован через цепочку компенсации, форма исходного сигнала будет восстановлена. Этот базовый принцип используется в системе записи RIAA** для пред- и посткоррекции. И если фактор 3 не выдерживает требований по перегрузке, воспроизводимый сигнал не будет подобен исходному. То есть если первый каскад не способен воспринимать всю амплитуду корректирующего сигнала, пришедшего с выхода, он влетит в насыщение (70).

Форма сигнала (a) показывает, что динамика первого каскада увеличивается с ростом частоты. В сервосистемах (устройствах с отслеживанием сигнала по выходу) первый каскад всегда терпит жесткое модулирующее воздействие сигнала обратной связи. Он из всех каскадов единственный, кому предоставлена эта нелегкая задача, так как следующий каскад стоит после компенсирующей цепи, режущей выброс после первого каскада. Таким образом, входной каскад должен иметь достаточный запас по амплитуде усиливаемого сигнала, чтобы противостоять атаке корректирующего в самом худшем случае. Интересно отметить в этой связи, что сам Уильямсон (D. T. N. Williamson) выбрал для первого каскада лампу 12AU7, известную своим широким раскрытием анодной характеристики.

Когда и выходной каскад клиппирует одновременно с первым, наступает полная неразбериха. Однако не следует считать ОС ответственной за все это. Проблема ОС была притянута к ответу благодаря, главным образом, работам М. Оталы (M. Otala) по эффекту TIM*** (71, 72). Более поздние исследования (70, 73) показали, что ОС не создает TIM в том случае, когда входной каскад способен принять двойную амплитуду против обычного входного сигнала (70). Под «обычным» понимается сигнал достаточный, чтобы вогнать в перегрузку выходной каскад.

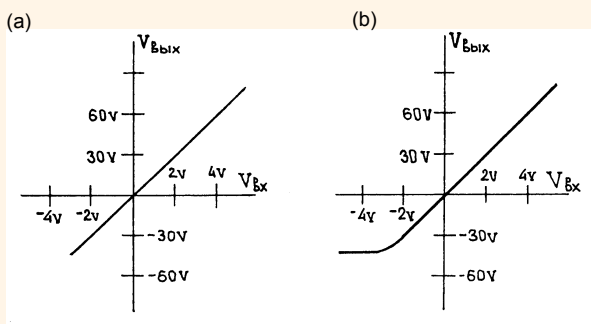


Рис. 27. (a) – характеристика передачи SE усилителя с ОС, (b) – характеристика того же усилителя при перегрузке. Резкий перелом означает отсутствие гармоник высокого порядка.

Однотактный усилитель с регулируемой по величине ОС (такой, как CAD-805 ф. Сагу) представляет собой интересный случай для изучения. Из Рис. 8 мы видим, что происходит компрессия отрицательной половинки сигнала с дальнейшим закруглением верхушки нижней полуволны. По виду передаточной характеристики сразу заметно ее влияние на отмеченное скругление. Введение ОС выпрямляет саму характеристику передачи, но при этом она укорачивается снизу (как на Рис. 27а). И в результате входной сигнал, достаточный для раскочки выходного сигнала по положительной полуволне, испытывает отсечку по отрицательной (Рис. 27b). Сжатие нижней полуволны, таким образом, уменьшает величину выходной мощности (хотя и менее искаженной до этого момента) при включении обратной связи (74, 75)!

Легкая степень клиппирования в однотактных усилителях была отмечена TJN (Т. J. Norton – измерительный человек в журнале «Stereophile»): «... клиппинг очень незначителен в CAD-805, проявляясь в легком закруглении нижней половины сигнала...» (45 стр. 111). На Рис. 28 представлены гармонические составляющие формы сигнала, показанного на Рис. 8. Продукты искажений для этого случая определены графическим анализом передаточной характеристики (76).

Заметьте, как гармоники приводят к «сдавливанию» по бокам и удлинению верхней полуволны, а также и то, как они при сложении дают закругление нижней полуволны. Из рисунка видно, как при пересечении нуля основным сигналом нечетная гармоника D сдвинута на 90° относительно нечетных C и E. В данном случае составляющие полностью подчиняются обычному правилу гармонического разложения.

Пример с натянутой струной на Рис. 5 дает наглядное представление. Здесь все четные гармоники имеют узел в середине струны, а нечетные – пучность, хотя при этом могут быть сдвинуты на 180° (пучность оказывается либо вверх,

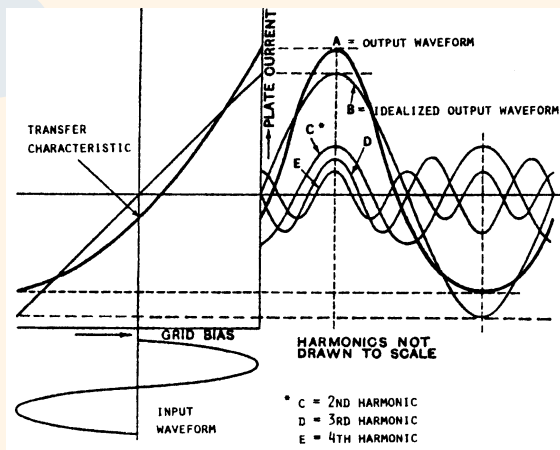


Рис. 28. А – результат воздействия продуктов искажений C, D, E на основной сигнал B (авт. Lucas).

* **Клиппирование** – это не простое ограничение сигнала вследствие короткой динамической характеристики передачи каскада. В этот момент происходит форсированный заряд различных емкостей (переходов в П/П элементах, переходных конденсаторов и др.). Для рассасывания заряда и возврата прибора в прежнее состояние требуется время. – Ред.

** **RIAA** – Recording Industries Association of America – Американская ассоциация предприятий звукозаписи. По ее рекомендованным стандартам (уровни записи, постоянные времени и пр.) осуществлялась звукозапись (аналоговая) за последние 30 лет во всем мире. – Ред.

*** **TIM** – Transient Intermodulation (distortion) – искажения, вызванные быстрыми переходными процессами, когда характеристика передачи входного каскада «модулируется» сигналом, пришедшим с выхода. – Ред.

либо вниз от срединного положения). Эта аналогия с передаточной характеристикой становится весьма полезной и уместной, как только мы начнем более детально рассматривать поведение двухтактного усилителя.

Не взирая на то, включена ли обратная связь, нет ли, при ограничении анодного тока на положительной полуволне одноконтурный каскад начинает сильно искажать. Спектр выходного сигнала обогащается третьей, пятой, седьмой... и т. д. гармониками. Рост нечетных гармоник обусловлен симметрией ограничения (теперь отсечка происходит не только в нижней половине, но и в верхней части передаточной характеристики). Если верхняя отсечка происходит из-за токового ограничения (предел эмиссии лампы, ограничение тока транзистора и др. эффекты), то нижняя происходит благодаря все большому скруглению характеристики. Это влечет к росту второй, четвертой, шестой и т. д. Но так как рост четных гармоник начался раньше, чем нечетных (ограничение по току происходит в последнюю очередь), то налицо доминирование консонансных над диссонансными. Это и есть объяснение того факта, что на пороге клиппирования одноконтурники звучат менее раздражающе, чем двухтактные схемы.

В отношении обратной связи Д. Олшер дает вновь довольно противоречивые заключения: «Увеличение глубины ОС улучшило детальность быстрых звуков, которые мне ка-

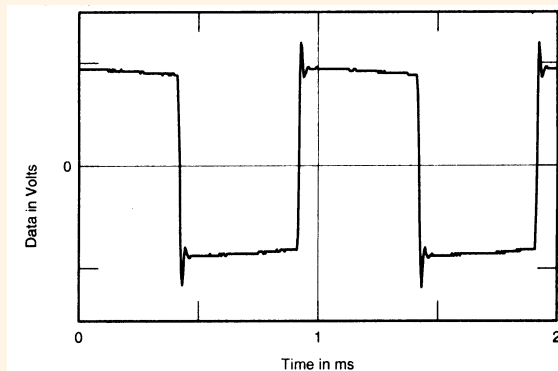


Рис. 30. Реакция CAD-850 на меандр частотой 1 кГц (там же)

искажениям из-за фазового сдвига. В самом деле, ведь высокочастотные искажения растут с увеличением глубины обратной связи! Для усилителей с трансформаторным выходом в этом нет ничего удивительного. Фазовый сдвиг, являющийся эквивалентом временной задержки, обязан распределенной емкости трансформатора, а ОС затем становится регенеративной связью, и действие ее усугубляется с увеличением глубины. Компенсация способна свести фазовый сдвиг к нулю и сделать частотную характеристику ровной при каждом данном значении обратной связи. Следовательно бы установить переключатель компенсации одновременно с переключателем глубины ОС.

В усилителе CAD-805 ухудшение звучности при введении ОС любой глубины может быть обусловлено следующими причинами: 1) подъем АЧХ на высоких частотах; 2) повышенная чувствительность к емкостной нагрузке при усилении ОС, что выражается выбросом на прямоугольном сигнале; 3) рост гармонических искажений выше 20 кГц; 4) резкий загиб передаточной характеристики и вслед за этим компрессией выходной мощности; 5) наличие ТИМ или других искажений переходного характера.

Мы способны вычислить эти вероятные причины. Очевидно, что ТИМ не вызывают ухудшения сочности звучания CAD-805 при углублении ОС. Это следует из того факта, что в схеме нет цепи компенсации, вносящей временную задержку. В нашем случае она могла быть создана внутренней емкостью выходного трансформатора (который выступает, как ВЧ фильтр) и такая задержка привела бы к незначительной модуляции первого каскада, что, собственно, и характеризует присутствие ТИМ. Следовательно, ТИМ как причина не принимается.

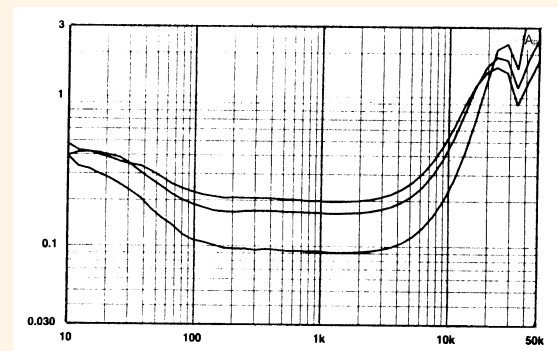


Рис. 31. Характеристики искажений CAD-850 на малом сигнале при нагрузке 8 Ом. Глубина ОС-10 дБ, 5 дБ, 0 дБ (сверху вниз на 30 кГц) (Stereophile 1/94).

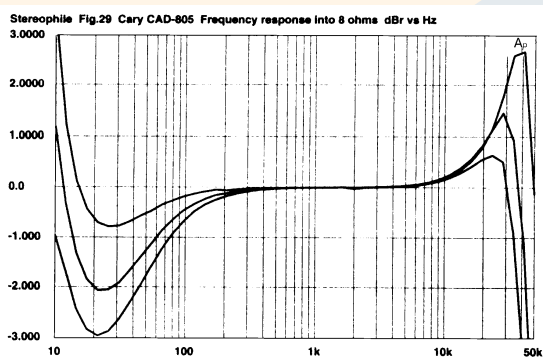


Рис. 29. Частотная характеристика Cary CAD-805 на малом сигнале, при различной глубине ОС (снизу вверх на 30 кГц) – 10 дБ, 5 дБ, 0 дБ (Stereophile 1/94).

зались потерянными, как будто вуаль была сброшена на сцену. Ощущение скорости и выпуклости инструментов улучшилось, хотя и ценой потери сочности» (45. стр. 107). Очевидно, что уменьшение искажений при подаче ОС должно было привести к некоторой потере сочности, когда подавлены искажения консонансного характера (т. е. вносящие лепту в созвучность, благозвучие). Теперь мы готовы к ответу на вопрос о том, какие же еще механизмы могут участвовать в этом процессе.

Потеря звучности, сочности может быть объяснена с помощью измерений Т. Нортон. Картинки частотной характеристики для различных случаев включения ОС даны на Рис.29. В отсутствие ОС на графике виден слабый подъем с частоты 5 кГц, и с увеличением глубины ОС этот пик растет, достигая 3 дБ при 10 дБ обратной связи. Это впрямую указывает на отсутствие компенсации. Подъем частотной характеристики отражен и во временной области как острый выброс на переднем фронте меандра в 1 кГц (Рис.30).

Отметьте также, что гармонические искажения достаточно резко растут с подъемом частоток (в конце концов они даже «обгоняют» по уровню характеристику, когда ОС отсутствует, хотя в середине диапазона та же ОС способствует подавлению искажений. – Ред.) Увеличение глубины ОС до 10 дБ оказалось бессильно противостоять

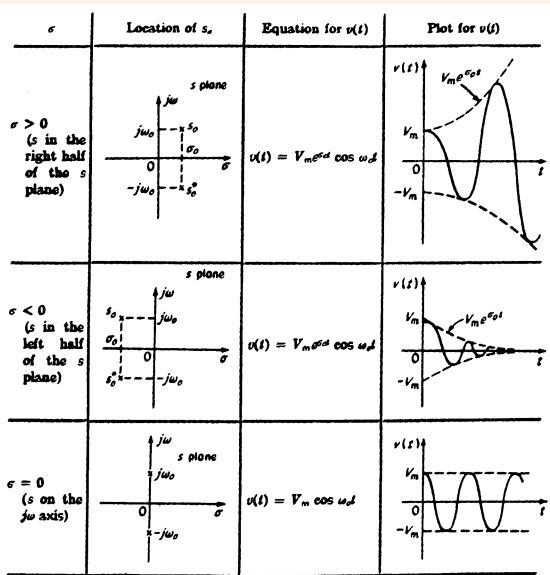


Рис.32. Верхний график демонстрирует экспоненциальный рост, соответствующий регенерации. Средний – экспоненциальное затухание, связанное с демпфированием. Нижний – постоянная амплитуда соответствует устойчивой генерации (авт. Ruston и Bordogna).

Если потеря музыкальности происходит на самых громких пассажах, это означает, что более глубокая ОС может быть подана уже на первых ваттах, когда еще не происходит загиба характеристики передачи. Как рекомендуют альтернатива: если усилитель работает на громкоговоритель с высокой чувствительностью (в режиме малого потребления мощности), то глубина ОС может быть допущена больше. Это обеспечивает запас по мощности в обратной пропорции (чем выше чутье акустики, тем меньше ватт нужно потратить, тем больший запас создан и наоборот).²⁵

С другой стороны, если ухудшение случается даже на малых уровнях, тогда это может быть вызвано факторами 1, 2 или 3, так как влияние их не зависит от уровня сигнала. При том, что гармонические искажения дальше полосы 20 кГц считаются неслышимыми, может возникнуть продукт разностной частоты, который упадет в слышимую область. Положим, к примеру, 40 кГц – 30 кГц = 10 кГц. Однако подобные эффекты имеют исчезающе малый уровень, так что непохоже, чтобы проявлялся фактор 3. Тогда остаются факторы 1 или 2. На-

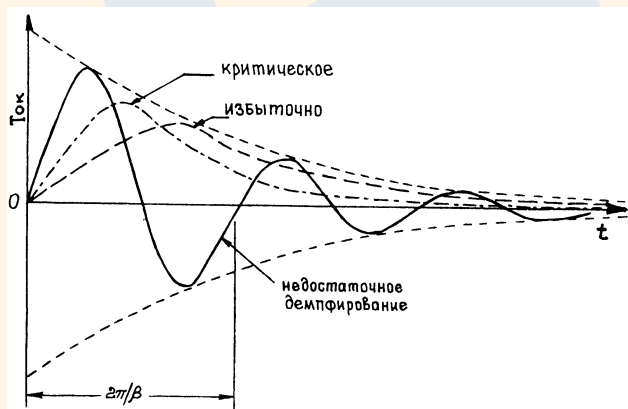


Рис. 33. Типичный расклад при воздействии ступенчатым сигналом в трех разных случаях демпфирования (авт. Cheng).

помним, что это: 1) подъем АЧХ на высоких частотах и 2) чувствительность к емкостной нагрузке в отсутствие компенсации.

Любая емкость на выходе усилителя, будь она образована емкостью кабеля либо фильтром громкоговорителя, должна дать дополнительный высокочастотный полюс, сопровождаемый в пределе фазовым сдвигом в 90°, который, в свою очередь, окажется в сигнале обратной связи. «Звон» в ультразвуковой области является очень частой практикой, если только ОС не является локальной. Так что генерирование на высоких частотах обычно подавляется включением компенсирующих цепей. На плоскости комплексных переменных (S) (Рис. 32) показано расположение резонансного полюса S_0 и двух антирезонансов и их влияние на переходную характеристику. На Рис. 33 представлены случаи для переходных характеристик, когда все полюсы и нули находятся в левой полуплоскости комплексных переменных.²⁶ Это может считаться случаями правильной настройки системы, когда звон критически демпфирован и резонансных выбросов быть не должно (77, 73). Только в этих случаях звон может считаться неслышимым (78, 79).

Из всего вышеприведенного следует, что при введении компенсации (с целью исключения ВЧ подъема и демпфирования переколебаний на скоростных сигналах) возможно применение более глубокой ОС без ухудшения звучания. Эти меры, однако, не ограждают обратную связь от влияния ее на музыкальные характеристики усилителя в том случае, если благозвучность его создана сложным спектром искажений, присущих только данному устройству.²⁷

²⁵ Теперь мы видим, что тандем усилитель/громкоговоритель представляет собой крепко связанную «инфрасистему». Кроме согласования чувствительностей, другим фактором согласования может считаться «содружество» тональных характеристик усилителя и громкоговорителя (в плане поведения импеданса акустики от частоты и одновременного, в связи с этим, изменения коэффициента демпфирования).

²⁶ Эти дремучие сложности на практике можно обойти. Реакция усилителя на прямоугольный сигнал должна быть настроена на критическое демпфирование «звона» в отсутствие нагрузки, что может являться частичной гарантией для худшего случая нагрузки. Наихудшей нагрузкой является чистая емкость, вызывающая максимальный звон. Для измерительных целей обычно берут 0,47 мкФ для ламповых усилителей. В этом случае могут потребоваться управляющие действия (в виде фазовой компенсации) для достижения оптимального демпфирования. Обычно это конденсатор, шунтирующий резистор обратной связи, величиной 100–500 пФ.

²⁷ Из-за того, что ОС начнет подавлять продукты искажений и... вместе с ними благозвучность воспроизведения.



Продолжение
следует...

SINGLE-ENDED VS PUSH-PULL. Part 3 Однотактные против двухтактных. Часть 3

В первых двух частях была освещена история ламповых усилителей и слышимые эффекты различных нелинейностей, возникающих при усилении. В этой последней части я обращаюсь к достоинствам и недостаткам однотактных (SE) и двухтактных (PP) схем. Глядя на SE с теоретической точки зрения, здесь существует фундаментальная проблема: искривление характеристик лампы в нижней части линии нагрузки. Рис. 34 показывает, что даже класс А не способен справиться с дефектом, присущим анодным характеристикам. В звуковых усилителях искажения появляются, главным образом, в НЧ области, где сосредоточена большая часть энергии. Из-за того, что продукты искажений кратны основной гармонике (т. е. оригинальному сигналу с частотой f_1), то, появившись в НЧ, они пролезают в среднечастотный диапазон.

К примеру, при несущей частоте в 75 Гц вторая гармоника появится на 150 Гц, третья – 225 Гц, четвертая – 300 Гц и т.д. Быть может, поэтому усилители с сильными искажениями по басу звучат теплее и полнее в области нижней середины и более «прозрачны» в верхней середине. Дальнейшее увеличение этих «благозвучных» продуктов способно превратить «прозрачность» в «стеклянность», а теплоту в «вялость и аморфность». Опытные слушатели должны знать, чем вызваны эти метаморфозы, и уметь выделить их природу.

Вторая серьезная проблема SE: недостаточно качественная работа на краях звукового диапазона. Корень ее в мощном магнитном потоке, присутствующем в сердечнике выходного трансформатора, созданном постоянным током покоя, необходимым для режима-А. Сам же режим А является обязательным для однотактников, так как здесь нет «перехвата» отрицательной полуволны второй лампой, как в двухтактном усилителе.

Ток покоя, текущий через первичную обмотку выходного трансформатора (Рис. 35), создает поток магнитных силовых линий. Сам сердечник может выдержать только определенную плотность магнитного потока (обычно 10–15 килоГаусс в

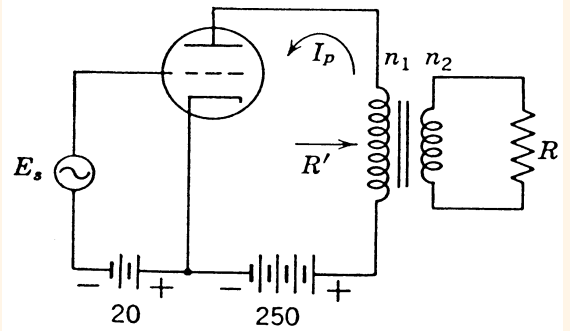


Рис. 35. Однотактный выходной каскад (Авт. Ryder)

зависимости от материала). При положительной полуволне ток через обмотку увеличивается, увеличивая тем самым индукцию (плотность потока) в сердечнике. Выше точки перегиба на петле гистерезиса железо близко к насыщению (Рис. 36). С этого момента положительная полуволна испытывает компрессию²⁸. Когда обе полуволны подвергнуты «сжатию», появляются искажения нечетного порядка. Поэтому в однотактных усилителях жестко стоит проблема насыщения сердечника. С целью снижения искажений, вызванных ограничением индукции, в сердечник вводят зазор. Он работает как клапан (перепускной) при превышении магнитного давления. При увеличении магнитного потока сверх того, что может пройти по железу, срабатывает клапан, отводя избыточный поток по воздушному промежутку. Так как воздушный зазор не подвержен магнитному насыщению, то высокого порядка искажения, вызванные этим фактом (насыщением), отсутствуют.

Но все равно, наличие немагнитного зазора ведет к уменьшению индуктивности обмотки и ослаблению коэффициента связи между первичкой и вторичкой (80). Это, в свою очередь приводит к потерям на низких частотах. Уменьшение индук-

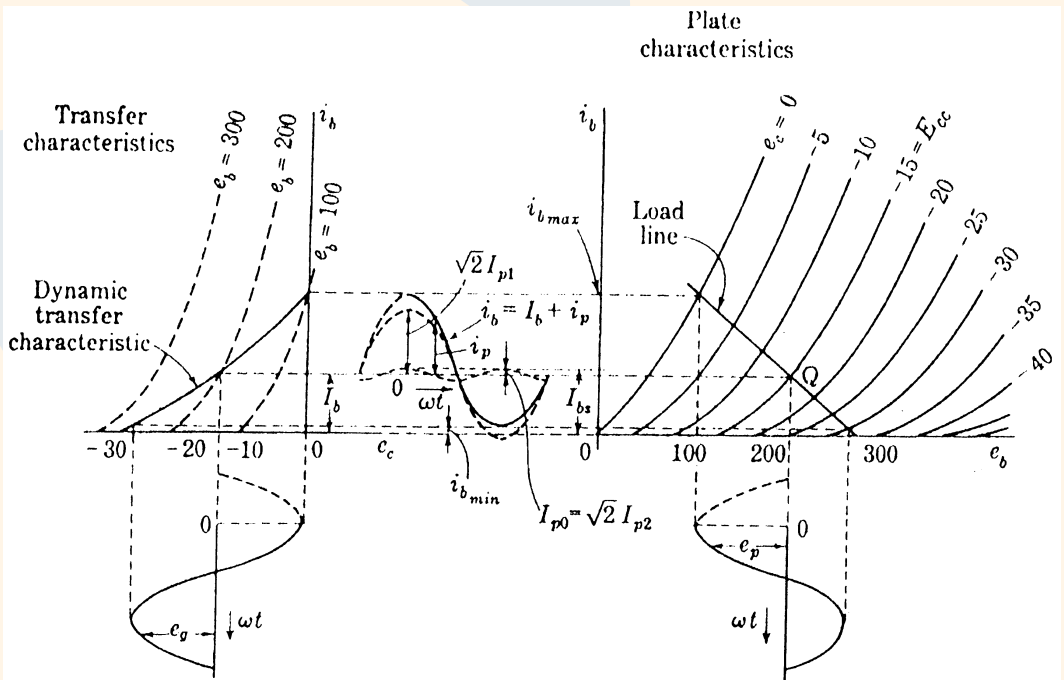


Рис. 34 Для SE триода положительная ветвь линии нагрузки (от $E_{cc} = -15V$ до $E_c = 0V$) длиннее, чем отрицательная (от $E_{cc} = -15V$ до $E_c = -30V$) (Авт. Gray)

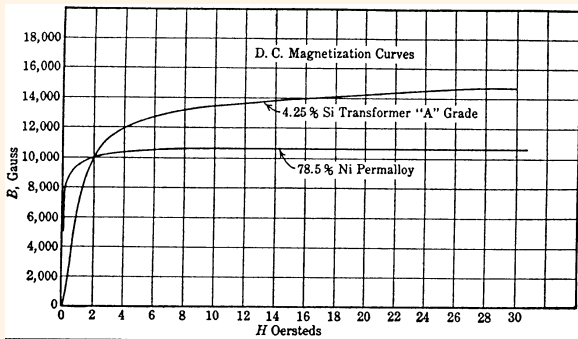


Рис. 36. Кривые намагничивания двух различных материалов В-магнитная индукция (плотность магнитного потока) в гауссах. Н – намагничивающая сила (напряженность магнитного поля) в эрстедах (Авт. Timbie)

тивности можно было бы скомпенсировать увеличением витков первички. Однако это приведет к высокочастотным потерям, вызванным индуктивностью рассеяния. Круг замкнулся. Таким образом на краях звукового диапазона возникают потери, чего не наблюдается в двухтактных усилителях (Рис. 37).

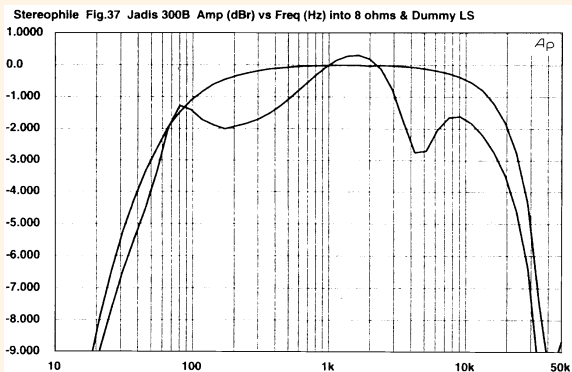


Рис. 37. Частотная характеристика однотактного усилителя Jadis SE 300B. Верхняя кривая – на резисторе 8 Ом, нижняя – на эквиваленте импеданса громкоговорителя (Stereophile, March 1996, Vol 19, № 3)

Решение этой проблемы не сложно, но дорогостояще: обойтись без выходного трансформатора. Этого можно добиться посредством параллельного соединения выходных ламп. К примеру, при заданной глубине ОС в 20дБ 16 штук лучевых тетродов 6550С (включенных триодами для уменьшения внутреннего сопротивления) дадут расчетный коэффициент демпфирования равный 10. (Как правило, цифра 10 эквивалентна импедансу источника в 0,8 Ом, что считается достаточным).

Проблема третья для SE усиления: низкий коэффициент демпфирования. За это ответственны два фактора: 1) применение малого числа выходных ламп; 2) типичное отсутствие ОС. Демпфирование есть показатель того, насколько усилитель невосприимчив к изменениям нагрузки. (Последствия плохого демпфирования были разъяснены Дж. Аткинсоном в Stereophile за август 1995 г.) При слабом демпфировании получим регулятор тембра с подключением к усилителю нагрузки, меняющейся с частотой. (Как на Рис. 37 нижняя кривая, полученная на эквиваленте нагрузки). К тому же, как вывел Cocking (81), хорошее демпфирование необходимо для уп-

28. Отрицательная ОС бессильна против насыщения сердечника, так как при подавлении (компрессии) сигнала с помощью ОС, сразу же уменьшается и сам сигнал ОС.

равления НЧ головкой на частоте резонанса. Рупорными НЧ излучателями управлять легче (и расквашать тоже), так что они предпочтительнее для работы с однотактниками.

Специалисты по SE из Audio Note разработали громкоговорители, совместимые с выходным импедансом их усилителей. В самом деле, в наших поисках того фокуса звучания однотактников, которым они обладают, уместно всегда помнить, что динамик не просто конечное звено в звуковой цепи, но и «органичное» приложение к усилителю (как наше ухо есть органичное приложение ко всему органу слуха). Усилитель как бы «разговаривает» с нами через громкоговоритель.

Решение проблемы посредством PP

Двухтактное включение стало популярным за его способность снизить высокую вторую гармонику, возникающую в SE. Стоит еще раз повторить, что PP подавляют не только вторую, но и все четные продукты искажений, возникающие в выходной лампе каждого плеча. Ниже представлен анализ работы двухтактной схемы с целью показать, как она «выбирает» одни продукты искажений и уничтожает другие. Для простоты предположим, что работа плеч полностью сбалансирована (симметрична) и характеристики ламп одинаковы. Однако на практике некоторый разбаланс все же имеет место.

В PP схеме первичная обмотка выходного трансформатора имеет отвод в средней точке (Рис. 38), образуя две катуш-

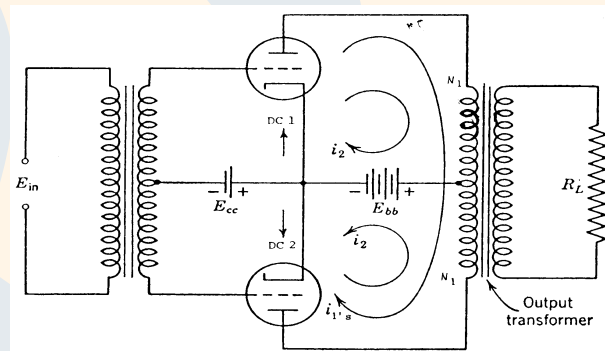


Рис. 38. Двухтактный выходной каскад (по Henny и Richardson'y)

ки. Такой способ соединения создает для токов покоя верхнего и нижнего плеч два магнитных потока, текущих навстречу друг другу. Встречные магнитные поля создают суммарный магнитный поток в сердечнике (как и по воздуху), равный

$$DC_1 - DC_2 = 0$$

Тогда проблема насыщения сердечника, благодаря току покоя, не возникает. Кое-кто возразит, что, мол, в однотактных усилителях несбалансированный ток покоя смещает рабочую точку в выходном трансформаторе от центра петли гистерезиса, тем самым улучшая его способность передачи слабых сигналов в нагрузку (громкоговоритель). Эти кросс-искажения и являются основой для защитников «первого ватта» – адептов однотактного движения. Обращение к Рис.39 подтверждает некоторую правоту их взглядов. Тщательный выбор магнитного материала способен минимизировать эту проблему. Пермаллои с умеренным содержанием никеля имеют превосходные свойства при работе с очень малыми уровнями магнитной энергии. В любом случае возможно создать некоторое подмагничивание постоянным током с помощью простого разбаланса выходного каскада (82), что, в свою очередь, сместит рабочую точку (по магнитным свойствам) выходного трансформатора из центра петли гистерезиса. Конечно, это приведет к раннему клиппированию, т.е. уменьшению

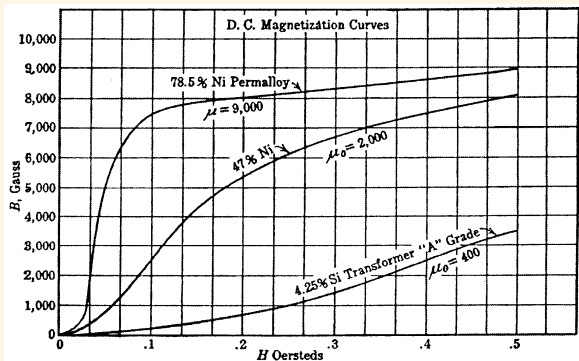


Рис. 39. Поведение кривых намагничивания в области малых уровней напряженности магнитного поля (Авт. Timbie)

выходной мощности. Однако разбаланс, требуемый для некоторого «распрямления» начального участка петли, весьма невелик для никельсодержащих пермаллоев, невелики также и соответствующие потери.²⁹

А вот сигнальные токи резко отличны от действия токов покоя. На Рис. 38 токи i_2 противофазны в отношении четных порядков искажений, ток же i_1 способствует синфазному сложению нечетных продуктов (83). Двухтактный тандем токов, несущих нечетные продукты, удваивает длину линии нагрузки (Рис. 40) и создает общую рабочую точку в магнитной системе. (На Рис. 40 показана «объединенная Q»).

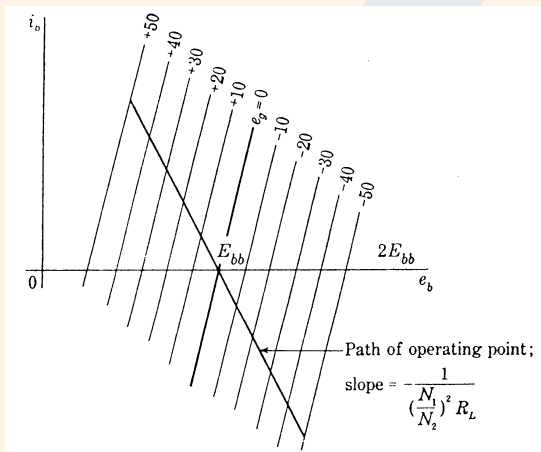


Рис. 40. Совмещенные характеристики для пары идеализированных триодов (Авт. Gray)

В. J. Thompson из исследовательской лаборатории RCA в 1933 году впервые показал, как получить сложение характеристик в двухтактном включении. Рассматривая внутреннюю взаимную индуктивность, Томпсон одной простой фразой объяснил красоту двухтактного метода: «В самом деле, в оптимальных условиях в любой точке синусоиды каждая лампа работает на эффективную активную нагрузку, равную внутреннему сопротивлению».

В 1948-м Н. L. Kraus подтвердил результаты Томпсона аналитически и экспериментально (85). Он также пришел к выводу, что, благодаря постоянству нагрузки для выходных ламп, в PP достижимо значение мощности на 11% больше, чем при параллельном соединении тех же ламп, но в SE включении.³⁰

29. Некоторые производители трансформаторов делают гибридные сердечники, в которых вместе со сталью используются никелевые пластины.

Конечно, это предполагает только режим А. Режим АВ является отдельным случаем, когда возможно получить гораздо большую мощность.³¹ (86)

В двухтактной схеме анодные токи работают в неразрывном тандеме в точке раздела (соответствующей значению E_{bb} на Рис. 40). Эта передача с одного плеча на другое внутренне присуща работе двухтактной схемы, и этот простой факт более всего беспокоит сторонников SE. Однако он же является частью механизма, позволяющего подавление искажений. Сначала мы увидим, как это происходит, а затем мы подробнее рассмотрим момент передачи сигнала из верхнего плеча на нижнее.

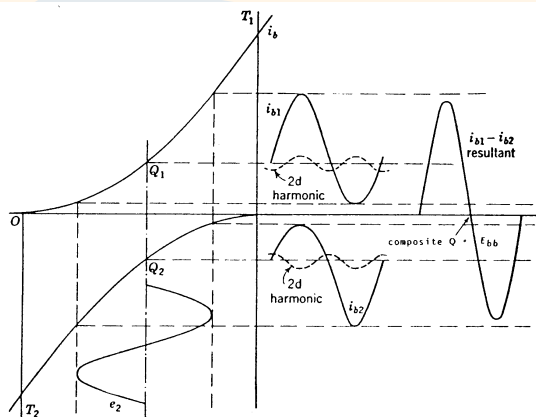


Рис. 41. Суммарная синусоида на выходе PP, полученная в результате сложения. (По Rydefy)

Магнитодвижущая сила в выходном трансформаторе пропорциональна разности токов $i_{b1} - i_{b2}$, помноженной на число витков первичной обмотки N_1 . Тогда:

$$\text{МДС} = N_1 (i_{b1} - i_{b2})$$

Знак минус перед i_{b2} означает противофазное действие относительно i_{b1} . Подставляя в формулу мгновенные значения анодных токов, приходим к выводу, что: 1) постоянный ток покоя для некоторой «объединенной лампы» равен нулю; 2) переменный сигнал симметрично качается относительно средней точки покоя. Это позволяет провести ператочную характеристику в виде прямой наклонной линии, что отображено на Рис. 43 пунктиром.

Площадь под кривыми представляет продукты искажений четного порядка. Их вычитание (компенсация) имеет место благодаря тому, что они одинаковы и находятся друг против друга. Суммарным эффектом является прямая линия, объединяющая кривые. Как очевидно, любое отличие этих площадей друг от друга из-за разбаланса характеристик вызовет появление четных гармоник в нагрузке.

Проблемы, присущие PP

Они относятся лишь к существованию нечетных продуктов искажений. Расписав уравнение для магнитной цепи с гар-

30. При идентичных рабочих условиях и оптимизированном импедансе нагрузки для каждого случая.

31. Окончательное определение в отношении PP появилось в 1957 г. из работы М. А. Мелеху'я (см. источник 86). Его статья представляет элегантный математический анализ, «применимый ко всем режимам работы двухтактного усилителя в предположении нелинейных свойств ламп». Он использовал дифференциальные уравнения, чтобы показать мгновенные значения и соотношения между токами и напряжениями.

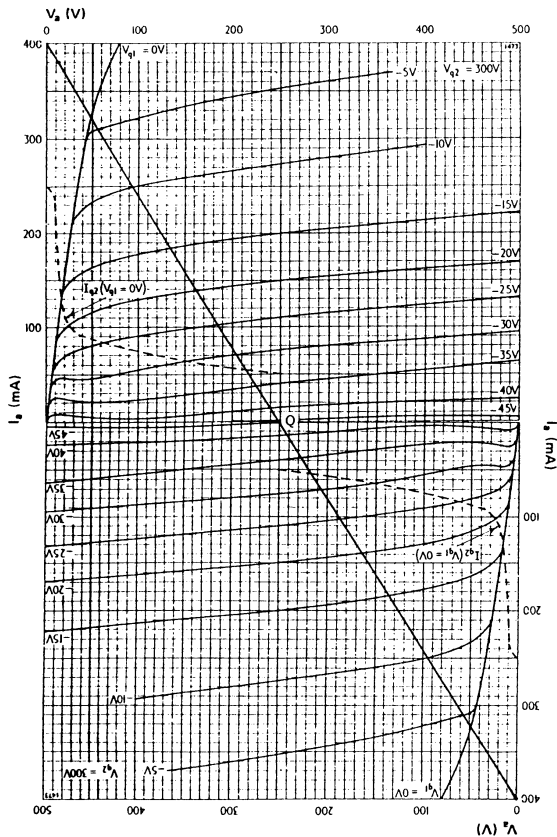


Рис. 42. Совмещенные анодные характеристики Genalex KT88 (6550) со сквозной линией нагрузки (по данным Marconi Osram Valve Co)

моническими составляющими, получим для мгновенного значения МДС:

$$N_1(2B_1 \sin \omega t + 2B_3 \sin 3\omega t + 2B_5 \sin 5\omega t + \dots)$$

Заметьте, что четные составляющие исчезли из этого ряда, благодаря двухтактному действию. Рис. 44 показывает, как пролегал составяющая двойной частоты (второго порядка) и с какой фазой, чтобы затем быть скомпенсированной (уничтоженной) противоположным действием со стороны второго плеча. Это же правило приложимо ко всем четным составляющим. Напряжение, наведенное на концах вторичной обмотки, будет иметь составляющие исключительно нечетных порядков:

$$E_2 = k(2B_1 \sin 1\omega t + 2B_3 \sin 3\omega t + 2B_5 \sin 5\omega t + \dots)$$

Так что даже при прямой характеристике передачи на выходе мы получим ряд из нечетных гармоник. Из этого следует, что оставшийся ряд является результатом неравномерного отстояния друг от друга других линейных характеристик.³²

Сравните симметрию совмещенных характеристик на

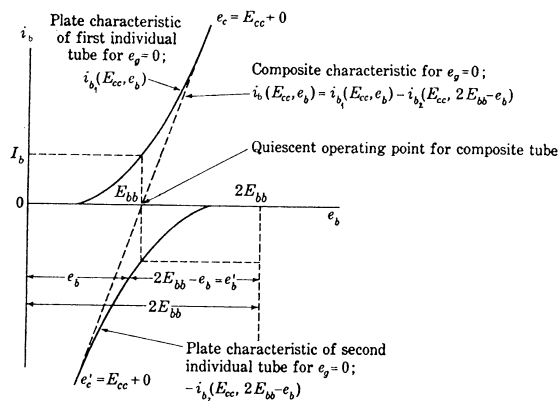


Рис. 43. Прямая штриховая линия – результат вычитания одной частной характеристики из другой. (Авт. Gray)

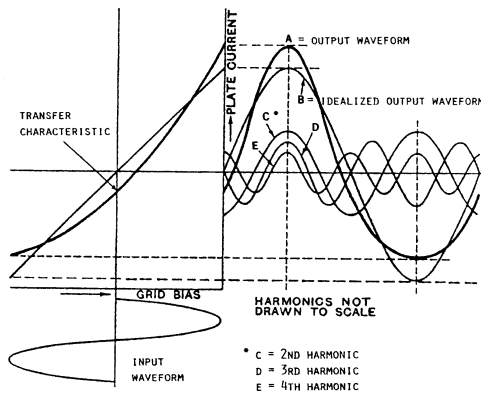


Рис. 44. Результирующая кривая A представлена как результат наложения на фундаментальную синусоиду B продуктов искажений, показанных как C, D и E соответственно (По Lucas'у). Отметьте, что волны четных гармоник в такой фазе, чтобы возникла компенсация их на композитной волне при PP действии.

Рис. 41 с асимметричной работой однокатника на Рис. 34. Если бы характеристики были равномерно расположены и одновременно с этим были прямыми и параллельными, то гармонические искажения не возникали бы в любом типе усилителя, а передаточная характеристика представляла собой прямую линию в каждом случае. Одно из наиболее важных преимуществ триода над пентодом – относительно одинаковое расстояние между анодными кривыми. На Рис. 45 показано семейство характеристик триода 2A3. Эта лампа с катодом прямого накала наиболее любима адептами однокатников. Легко увидеть почему: кривые отстоят друг от друга практически на одинаковых расстояниях.³³

На Рис. 46 изображены анодные характеристики лучевого тетрода KT88 (британского аналога 6550). При рассмотрении очевидна явная неравномерность расположения кривых друг от друга. Но при включении лампы триодом (Рис. 47) характе-

32. Двухтактное включение оказывает спрямляющее действие только на индивидуальную пару характеристик (сверху и внизу) и никакого воздействия на расстояние между ними. Хотя и неправдоподобно, на первый взгляд, но подобные эффекты существуют в PP усилителях между выходной мощностью и мощностью рассеяния на анодах (87).

Когда линия нагрузки пересекает неравномерно расположенные между собой анодные характеристики, форма усиливаемого сигнала начинает изменяться и возникают гармоники. Так как неравномерное расположение симметрично относительно оси (напряжения), искажения будут нечетного порядка.

33. Характеристика передачи триода 2A3 проанализирована вплоть до 5-й гармоники Хатчисоном в его статье «Графический анализ гармоник» (88).

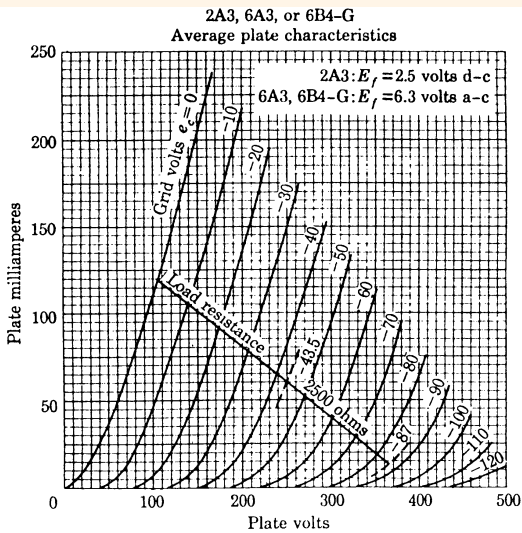


Рис. 45. Семейство анодных характеристик триода 2A3 с линией нагрузки (Авт. Gray).

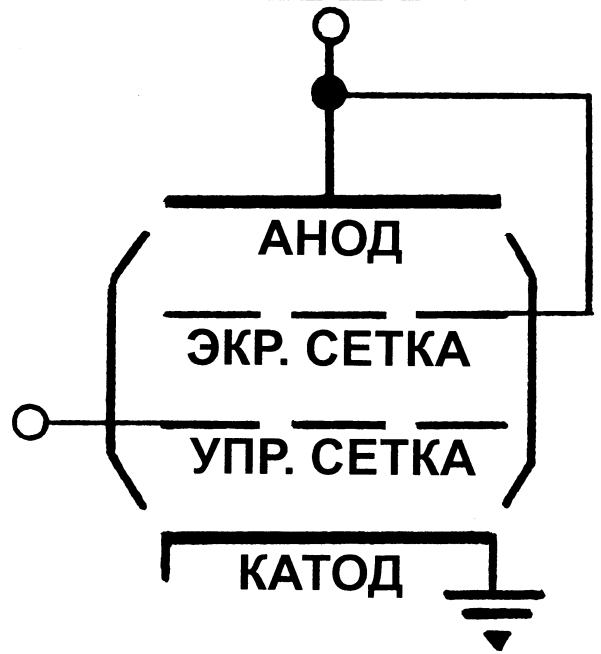


Рис. 47. Тетрод, включенный триодом путем соединения экранный сетки с анодом.

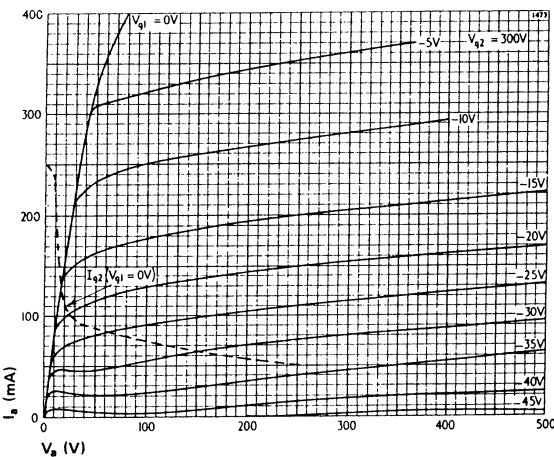


Рис. 46. Семейство анодных характеристик для лучевого тетрода KT88 Genalex (по данным M. O. Valve Co).

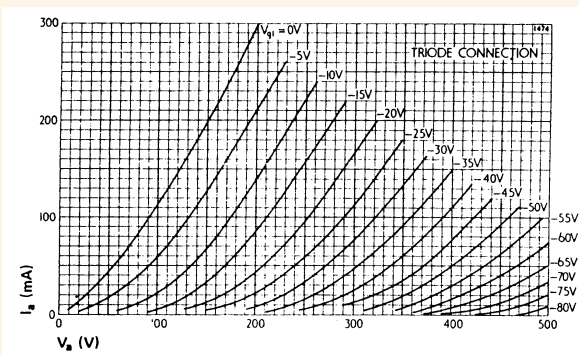


Рис. 48. Семейство анодных характеристик той же лампы (KT88), включенной триодом (По данным M. O. Valve Co.).

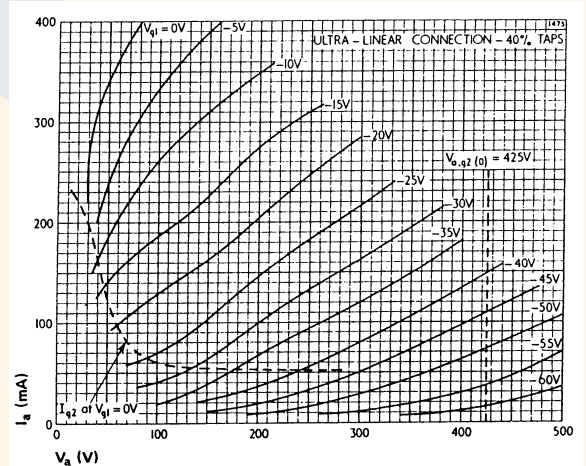


Рис. 49. Семейство анодных характеристик KT88 в ультралинейном включении. Отвод 40%. (По данным M.O. Valve Co.).

риктики выравниваются (Рис. 48)!³⁴ Из горизонтальных они разворачиваются к вертикали. Этот заметный сдвиг указывает на уменьшение внутреннего сопротивления и увеличение демпфирования.

Ультрелинейное включение выходной лампы (пентод либо тетрод), вытеснившее триодные выходные каскады в 50-е годы, является специальным случаем, попадающим между

триодными и пентодными характеристиками (Рис. 49). Как видно из рисунка, лампа будто противится такому включению. Эти своеобразные (необычные) искривления были объяснены Cocking'ом в редакционной статье журнала «Wireless Engineer» в 1955 году ³⁵ (90).

В любых усилителях поведение анодных (или иных) кривых и их взаимное расположение при проведении линии нагрузки определяют характер будущих искажений. Проведение динамической характеристики сразу покажет, какого порядка

34. То, о чем Уильямсон постоянно твердил по поводу KT66: «Включенные триодами, эти лампы имеют характеристики, почти идентичные настоящему триоду PX25». (89)

35. Возможно, здесь лежит ключ к разгадке, чем вызвано возрождение интереса к триодным усилителям в середине 80-х. 36. Инвертор, используемый в усилителе Уильямсона, отвечал требованиям пунктов 1) и 2), но не 3). Но непосредственно связанный с каскадом усиления (без разделительной емкости), он обладает превосходными характеристиками.

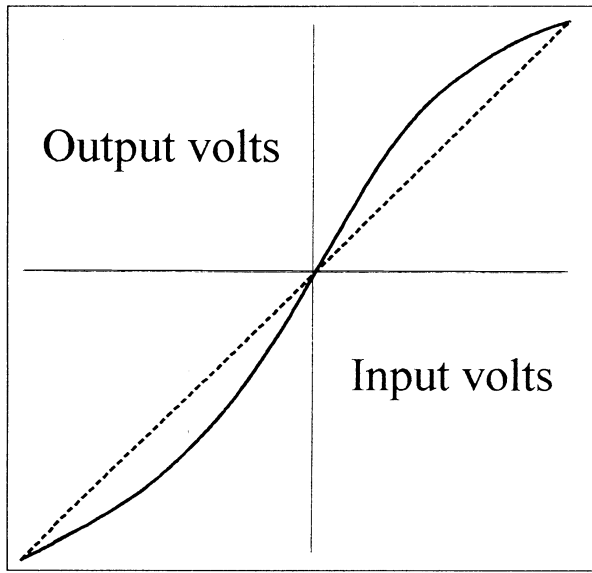


Рис. 50. Сквозные характеристики (вход/выход) типичного пентода.

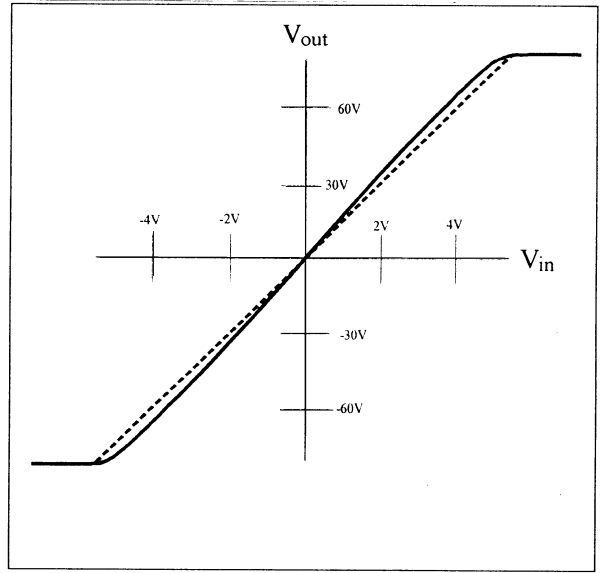


Рис. 51. Сквозные характеристики двухтактного усилителя.

«хвост» искажений следует ожидать. S-образная передаточная характеристика (как на Рис. 50) означает доминирование искажений 3-го порядка (3-й гармоники); параболическая кривая (как на Рис. 51) указывает на доминирование второй гармоники (91). Эти характеристики передачи типичны для пентода и триода соответственно. Отметим, однако, что продукты искажений высших порядков увеличиваются при повышении мощности (см. Рис. 19 в части II). Происходит это оттого, что характеристики все более искривляются (или промежутки между ними сжимаются) на краях рабочего диапазона.

Хотя динамическая характеристика передачи для триода в SE имеет вид параболы, она становится S-образной при двухтактном включении того же триода! Это из-за того, что суммарные анодные характеристики создают новую результирующую характеристику передачи. И все же, несмотря на S-образность, результирующая кривая близко приближается к идеальной прямой (Рис. 51).

Рис. 44 помогает понять, почему так происходит. В некоторой «объединенной» лампе двухтактного усилителя синусоиды С и Е отсутствуют, остается лишь D (третья гармони-

ка). Результирующая волна (то, что осталось от идеального синуса) менее заострена, чем это происходит в однокатном включении. Благодаря симметричному действию двухтактника, это происходит с каждой полуволной. А присутствие отрицательной обратной связи еще более выпрямляет характеристику передачи (Рис. 52).

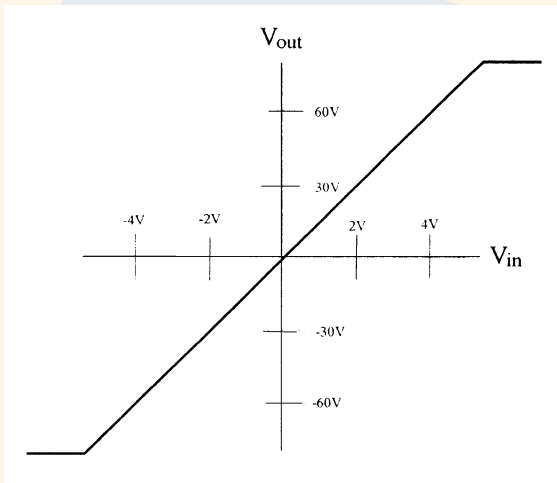


Рис. 52. Те же характеристики, что на Рис. 51, но с добавлением ОС.

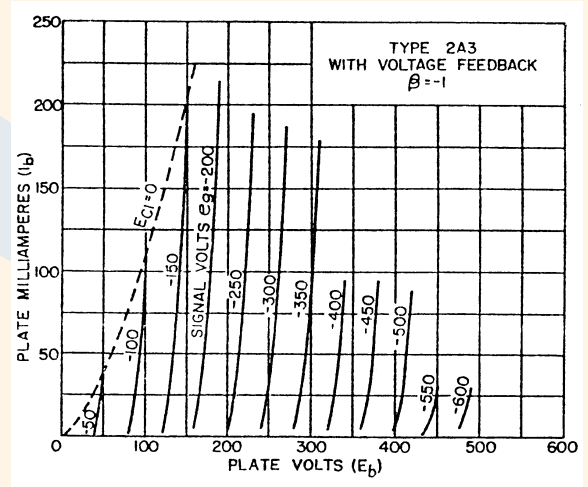


Рис. 53. Анодные характеристики триода 2A3 при 100% ОС по напряжению (Аем. Pratt).

ОС заставляет анодные характеристики быть менее наклонными, т.е. приближаться к вертикальной линии

(Рис. 52) (92), тем самым уменьшая выходное сопротивление. Если работа плеч симметрична, введение ОС не подрезает нижний конец передаточной характеристики, что имеет место в однокатном усилителе, то и снижения выходной мощности не происходит.

На выходе двухтактного усилителя осуществляется синтез двух сигналов. В однотактном такого не происходит: вся синусоида создается одной лампой. В РР есть две лампы, «открываемые» таким образом, чтобы создать полный сигнал. Такая пара дополняющих друг друга ламп известна как композитная, объединенная лампа (подобна «композитному человеку», созданному двуручной пилой – русская «Дружба-2»).

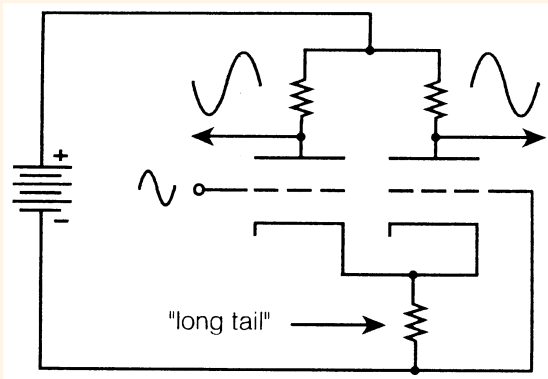


Рис. 54. Катодный резистор большого сопротивления является общим для обеих ламп. Сигнал левой лампы, таким образом, появляется как двойник (клон) на катоде второй. В результате на выходе – два сигнала. Обе волны представляют полную синусоиду. Здесь нет расщепления сигнала как такового, но именно клонирование и поворот по фазе.

Особенностью двухтактного усилителя является присутствие фазоинвертора. Этот каскад необходим, чтобы сделать из одного сигнала на входе пару балансных (перевернутых друг относительно друга) на выходе, которые затем попеременно качают оба плеча выходного каскада.

Одним из преимуществ, часто навязываемых SE усилителям, является их простота. В самом деле, на этот факт часто ссылаются как на источник однотактной магии или «глубокой структуры», как порою выражаются. Если правдой является тот факт, что в SE отсутствует инвертор, то очень важно ясно понимать, что инвертор не обязательно должен быть дополнительным каскадом. Ведь он может быть реализован как обычный каскад усиления.

В идеальном инверторе должны сойтись воедино три требования: 1) он должен создавать клон выходного сигнала; 2) он должен этот клон перевернуть; 3) обеспечить усиление по напряжению. Существует по крайней мере две схемы, отвечающие требованиям идеального инвертора: 1) дифференциальный каскад (93); 2) инвертор с перекрестной связью (94). Из двух последний обладает лучшей симметрией по усилению. По этой причине он часто встречается в инструментальных измерительных схемах. В звуковых усилителях обе схемы вполне сравнимы.³⁶ Первый тип инвертора стал знаменит, когда был избран для использования в моноблоках Marantz Model 9.

Дополнительный каскад усиления, встречаемый во многих РР усилителях, используется главным образом для обеспечения избыточного усиления. (Вспомните, что усилитель Cocking'a не использовал дополнительный каскад усиления). Этот избыток затем шел на применение ОС. Усилители с неглубокой ОС или вовсе без нее могут обойтись минимальным числом каскадов, будь то SE либо РР.

Один из мифов об инверторах гласит, что они, мол, разделяют сигнал на две половины. Сигнал не дробится на две части, он приобретает двойника (клон). Антифазные сигналы попеременно качают двухтактный выход: сперва вверх, затем вниз. Выходные лампы затем «проталкивают» сигнальные анодные токи вперед или назад через первичную обмотку выходного трансформатора. Эти токи частично перекрывают друг друга, чтобы создать единый композитный выходной сигнал.

Ничего необычного нет в природе такого сигнала. Стоит лишь уяснить себе, что любой сигнал сложной формы является собой сумму простых синусов. Предположим, к примеру, что сложный сигнал состоит из множества звуков, созданных симфоническим оркестром. Каждый из звуков, рожденный своим инструментом, первоначально независим, пока где-то на середине пути не смешается с остальными. Эта смесь звуков в виде единого воздушного потока сложной формы поступает на микрофон.

Его электрический выходной сигнал изменяется в соответствии со звуковым давлением и формой акустической волны. Таким образом, композитная форма сигнала сохраняется вплоть до внутреннего уха, где она будет «разложена» на базильярной мембране (нечто вроде зипованного компьютерного файла).

Так что проблемность работы двухтактника более не в том, будет ли иметь композитный сигнал достоверную форму, а скорее в том, насколько тактично и грамотно он подан на выходной трансформатор, что уже зависит от степени перекрытия двух сигналов. Переход будет гладким, коль скоро перекрытие будет достаточным на линии «сшивки». Величина перекрытия может быть охарактеризована как: 1) полная (класс – А); 2) частичная (класс – АВ); 3) отсутствие (класс – В).

Тем более прискорбно, когда разработчики путаются в определении режимов, которые получили строгое и точное описание более 50 лет назад (Рис. 55) (96).

Классификация режимов усиления

На Рис. 56 можно видеть, как сигнал качается относительно суммарной (результатирующей) рабочей точки Q. В режиме-В (96) каждая лампа находится в проводящем (открытом) состоянии ровно 180° (т. е. половину целого периода). Затем обе половины точно складываются на линии пересечения. Прекращение тока через лампу раньше времени приводит к так называемым перекрестным искажениям (97, 98) на малых уровнях либо к искажениям типа «ступеньки» на

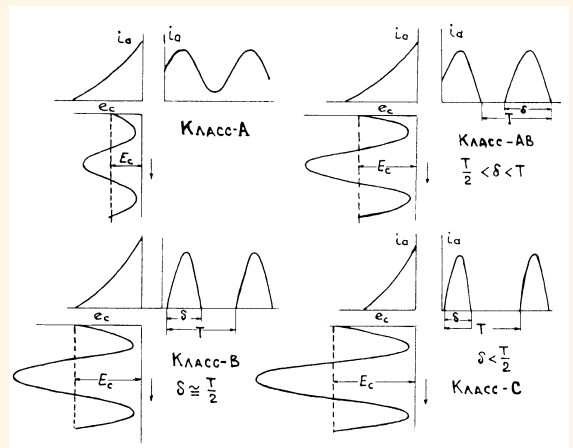


Рис. 55. Классификация режимов работы усилителей. Определение идет по той части входного сигнала, по которой идет анодный ток. (Авт. Daley).

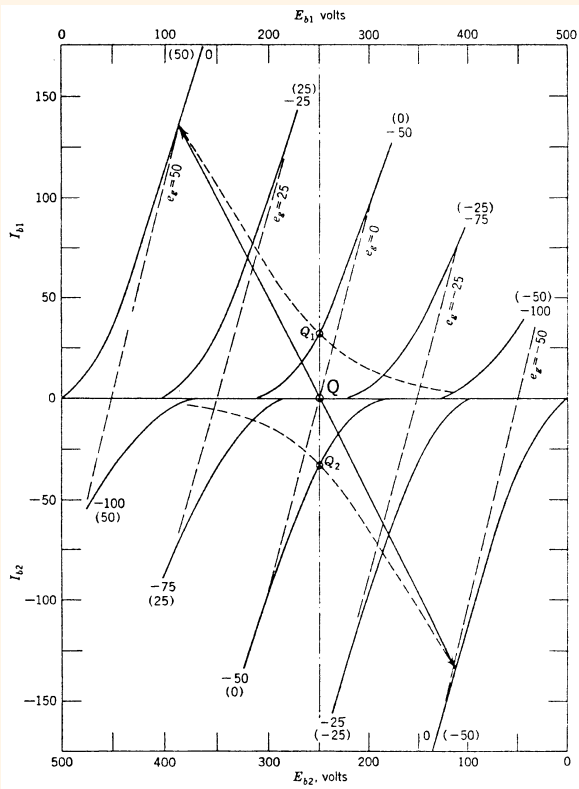


Рис. 56. Сквозная суммарная характеристика для пары триодов 2A3. Точки Q1 и Q2 являются рабочими точками покоя для каждого плеча. Точка Q является рабочей при совместном действии. Ток сигнала начинается с точек Q1 и Q2, причем у верхнего плеча он идет на возрастание, у нижнего – на убывание. Затем вся картина меняется, и ток каждого плеча возвращается в исходное состояние – точки покоя A1 и Q2.

больших уровнях мощности (99, 100, 101). Класс -C (угол проводимости лампы меньше 180°) обладает настолько большими искажениями, что он эффективно применяется только в специальных усилителях передатчиков.

В классе -AB существует перекрытие между полуволнами (Рис. 57) из-за того, что обе лампы открыты больше, чем на 180° ,

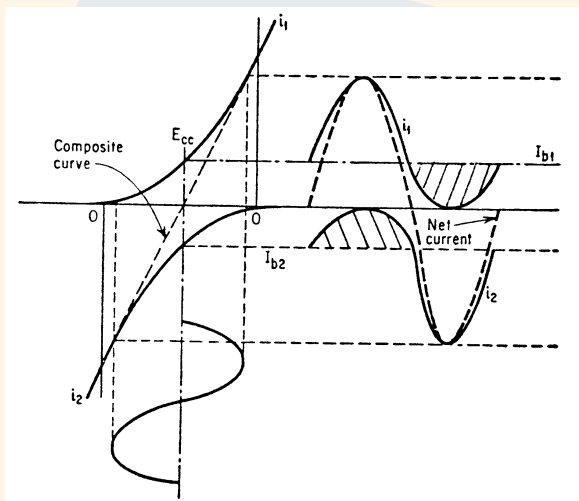


Рис. 57. Перекрытие двух полувольт показано заштрихованными площадями (По Ryder'y).

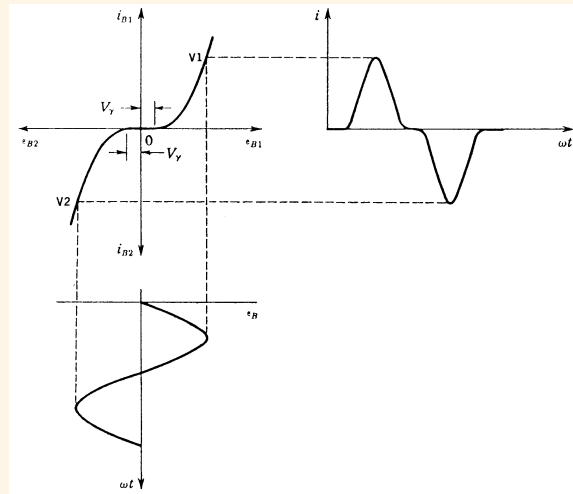


Рис. 58. Перекрестные искажения возникают при переходе через 0. Происходит это благодаря отсечке анодного тока в обеих лампах (По Millman'y и Halkias'y).

но меньше 360° – полного цикла. Это перекрытие необходимо, чтобы «победить» кривизну в нижней части анодных характеристик, в противном случае это привело бы к появлению перекрестных искажений (Рис. 58). Кривизна анодных характеристик в нижней части линии нагрузки представляет собой характерное местоположение точек, где лампа включается в проводящее состояние (102, 103). Как только сигнал проскочит это место еще ниже, то отрицательная половина его отсекается, лампа ток уже не проводит, она закрыта (104). При достаточном перекрытии, т.е. моменте времени, когда обе лампы находятся в открытом состоянии, отсечек не происходит (то, что мы называем «ступенькой»). Ступеньки происходят только в том случае, если присутствуют искажения перекрестного типа (скорее справедливо обратное утверждение, т.к. искажения являются следствием нарушения формы сигнала и количественным определителем – Ред.).

В классе -A анодный ток через лампу проходит в течение полного периода (т.е. 360°). Чистый -A дает полное перекрытие, когда верхняя и нижняя лампы, не закрываясь, «создают» одинаковые сигналы, только перевёрнутые относительно друг друга на 180° . При этом не создается нарушений формы и, следовательно, отсутствуют искажения перекрестного и ступенчатого типа. С точки зрения линейности, выходной сигнал является точным воспроизведением входного.

Кроме создания перекрытия, увеличение тока покоя спрямляет динамическую характеристику передачи (т.к. это поднимает линию нагрузки при том же наклоне ее, при соответствующем увеличении анодного напряжения, и тем самым отодвигает рабочую область дальше от искривленных анодных характеристик). Ток покоя, т.е. его рост, позволяет увеличить скорость нарастания сигнала (Slew rate). Межобмоточные емкости выходного трансформатора являются главной причиной высокочастотных искажений в ламповых усилителях, а увеличение тока покоя позволяет лампе с меньшими усилиями перезаряжать эти емкости.³⁷ Таким образом, работа в классе -A уменьшает искажения не только для сигналов низкого и среднего уровня, но и при усилении высокоскоростных (с крутым фронтом) и с большой амплитудой. Недостатком режима является его низкая эффективность. Выходная

37. Предостережение: ток покоя не может быть произвольно повышен пользователем; эта мера предосторожности изначально должна быть заложена в разработке, в противном случае лампы могут быть перегреты.

мощность должна быть снижена из-за требований контроля над мощностью рассеяния на анодах. Ресурс лампы тоже оставляет желать лучшего³⁸, так как форсированная эмиссия катода резко снижает долговечность работы.

Какой бы режим усиления не применялся, увеличение сигнала на входе создаст соответствующее увеличение выходного сигнала, так что удлиняемая часть линии нагрузки упрется в препятствие. На рис. 55 можно увидеть, что при движении от класса -А к классу -С выходной сигнал может быть явно больше, чем в других режимах. Так как увеличение возможно и по току и по напряжению (Δe , Δi), то и результирующая мощность также будет больше. И это главная выгода от применения режима -АВ вместо -А. На той же линии нагрузки теперь расположится полуволна вместо целой волны. Усиленный режим -АВ не так уж сильно уступает в качестве чистому -А.³⁹

Однако увеличение амплитуд (e , i) в классе -АВ достигается ценой увеличения искажений. Рис. 42 поясняет, почему они растут пропорционально амплитуде: промежутки на линии нагрузки становятся шире (по крайней мере для пентодов). И даже линейный режим -А не способен с этим справиться впрямую. Он всего лишь накладывает условия на величину выходного сигнала, когда требуется проводить ток в течение всего периода. И работа происходит на участке, где разница между отрезками еще не так велика.

Только обратная связь впрямую уменьшает искажения, возникающие из-за неравенства промежутков между характеристиками. Обратная связь действует методом наложения инвертированного сигнала на входной. Как только 1) фазовый угол близок или равен 180° ; 2) компенсация обеспечивает критическое затухание (без выбросов на фронтах) и 3) входной каскад имеет достаточный запас по амплитуде (headroom), то обратная связь буквально «меняет» очертания выходного сигнала в сторону большего соответствия входному сигналу. Если характеристики эквивалентной лампы с отрицательной обратной связью отразить на рисунке, то становится ясно, что разница промежутков между ними уже менее заметна (Рис. 59) (105). Сравните пунктирные линии с идеальными на рис. 40.

Выводы

Как мы убедились, чтобы обрести музыкальность звука, искажения высших порядков должны быть уменьшены ниже порога слышимости. Триоды, так как они создают искажения низких порядков, кроме случая с максимальными амплиту-

дами, есть вполне естественный путь в решении этой задачи. Говоря гипотетически, идеальный усилитель не должен иметь искажений выше порога слышимости, позволяя тем самым уху останавливать внимание лишь на гармониках самой музыки. Двухтактный усилитель может рассматриваться, как конструктивный шаг в эту сторону.

Однако, из-за некоторой специфики работы двухтактника, могут применяться некоторые схемные ухищрения.

Один из методов подавления нечетных гармоник состоит в специальном подборе ламп или других активных элементов в соответствии с тем, каково поведение их характеристик (при тщательном подборе возможно ослабление уровня 3-й гармоники на 10 – 12 дБ). Другим методом является введение местной ОС в выходном каскаде – главном источнике искажений.

Альтернативой может оказаться и умышленное поднятие уровня второй гармоники с помощью разбаланса выходного каскада. В этом случае возможно получить более благозвучный спектр сигнала. Вдобавок можно ввести постоянную составляющую тока в первичную обмотку, чтобы сдвинуть рабочую точку железа по петле гистерезиса вверх. Изысканность, тонкость звучания SE часто связывают с его «смещенным» трансформатором, отсутствием перекрестных искажений и работой в чистом классе -А. Платой за это становится неспособность выдать большую мощность. Это в свою очередь заставляет применять высокочувствительную акустику и массивный дорогостоящий выходной трансформатор, если речь заходит о хоть сколько-нибудь заметной мощности (10-20 Вт).

Одно из очевидных решений – обойтись вовсе без трансформатора (OTL – output transformer less). Однотактные OTL с большой выходной мощностью способны расквашивать обычные динамики до нормального уровня, имея при этом не слишком высокий выходной импеданс. В такой схеме уже успешно используются транзисторы благодаря их низкому выходному сопротивлению (106, 107). Однако не следует тут же заключать, что транзисторный SE усилитель в силу самого факта однотактности сможет звучать, как ламповый SE. Слишком много других различий сюда заложено, чтобы им стать одинаковыми. SE, будь они ламповыми или транзисторными (или какими-нибудь еще), должны исключать кривизну характеристик на отрицательной полуволне, что дает рост второй гармоники. Такое требование обеспечивается симметричной работой. Она желательна, если целью является движение излучателя любого типа. Наша интуиция подсказывает, что положительное смещение его должно быть в точности равно отрицательному, если мы хотим создать точную копию входного сигнала. Только два типа усилителей толкают динамик одинаково в обе стороны: 1) SE с полным отсутствием искажений и 2) сбалансированный PP (без внимания к факту, есть ли при этом нечетные гармоники или нет⁴⁰).

Более чем что-либо еще, созвучность и гармоническая насыщенность определяют музыкальность. При этом нужны многие другие качества, чтобы полностью воссоздать атмосферу зала. При этом такие, что напрямую не соотносятся с созвучностью, к примеру – разрешение, локализация образа, масштабность (размерность) звукового образа, переходная характеристика, динамика, коэффициент демпфирования. Не похоже, чтобы эти параметры были особыми достоинствами однотактников.

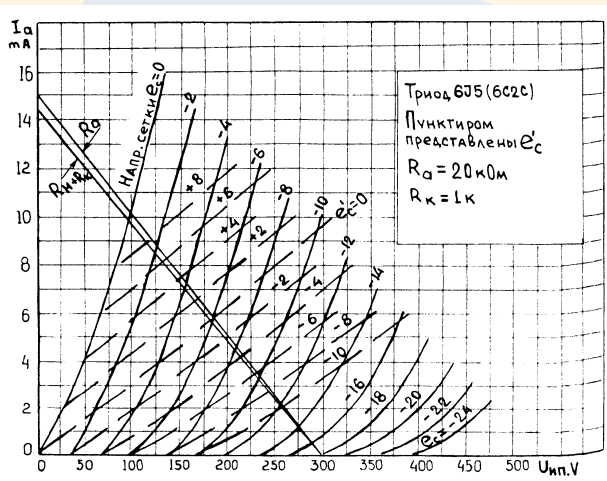


Рис. 59. Штриховые линии показывают линеаризирующее действие местной обратной связи по току (Авт. Middleton).

38. О ресурсе лампы KT77 можно справиться в собственном выпуске M.O. Valve (выпуск 3, апрель 1947 г., стр. 4).

39. Усиленный режим -АВ работает с токами, находящимися в промежутке от -А до режима -В.

40. Нечетные искажения не ухудшают симметрии смещений, так как в сбалансированном PP усилителе искажения идентичны для каждой полуволны.

Нейтральность звучания, для примера, означает отсутствие в спектре случайных, инородных составляющих.

Великим достоинством триодного однотактника является то, что, оставаясь музыкальным, он не требует «очистки» от искажений. Возможным объяснением этого предполагается сочетаемость естественного спектра нашего анализатора со спектром искажений, создаваемых SE усилителем.

Надпись на обложке январского номера *Stereophile* за 1994 г. гласит: «Если один из этих усилителей ПРАВИЛЬНЫЙ... другой должен быть НЕПРАВИЛЬНЫМ». Если мы предположим, что записи музыки тоже не абсолютны по качеству, то ответ на загадку трехлетней давности станет ясным: ни один из усилителей не прав. Один из подходов имеет целью правдоподобие, в то время как другой – красоту.

Эта амбивалентность приводит к украшательству самих записей музыки и становится притчей во языцах в аудиофильских кругах. Полезность последнего (собственно красоты звучания, но не украшательства) – в том, что есть цель в развитии творчества, искусства. Полезность первого (технической верности) – в том, чтобы работал контроль и предмет контроля не утерял собственной сути.

Сегодняшнее внимание аудиофилов, сосредоточенное на SE усилителях, буквально держит за руку индустрию в ее движении к стерильности. В этом состоит беспокойство аудиообщества. Таким образом, прогресс в искусстве представляется типом ретроградного движения: два шага вперед, один шаг назад. Это прекрасно, когда происходят реальные прорывы, открытия. С другой стороны, верно и то, что должны быть периоды оценок и контроля. Все это вместе – единственный знак и предвестник прогресса.

References

[44] H.F. Olson, *Music, Physics, and Engineering*, second ed., Dover Publications, New York, 1967.

[45] *Stereophile*, Vol.17 No.1, January 1994, pp.104-112.

[46] Hermann L.F. Helmholtz, *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, Dover Pubs., New York, 1954, chaps. XI and XII.

[47] F. Winckel, *Music, Sound, and Sensation*, Dover Pub., New York, 1967, pp.112-119, 135-141.

[48] H.F. Olson: *cfref.* 44, pp.38-39, 254-260.

[49] A.W. Ladner, «The Analysis and Synthesis of Musical Sounds,» *Electronic Engineering*, October 1949, p.381.

[50] A.E. Richmond, *Calculus for Electronics*, second ed., McGraw-Hill, New York, 1972, pp.395-412.

[51] A.V. Eastman, *Fundamentals of Vacuum Tubes*, third ed., McGraw-Hill, New York, 1949, pp.327-334.

[52] J. Millman and C.C. Halkias, *Electronic Devices and Circuits*, McGraw-Hill, New York, 1967, pp.544-556.

[53] J.A. Hutcheson, «Graphical Harmonic Analysis,» *Elect.*, January 1936, pp.16-18, 34.

[54] J. Millman and C.C. Halkias, *op at*, pp.558-560.

[55] R.L. Wegel and C.E. Lane, «The Auditory Masking of One Pure Tone by Another and its Probable Relation to the Dynamics of the Inner Ear,» *Phys. Rev.*, 23, 1924, pp.266-285.

[56] Stanley Smith Stevens and Hallowell Davis, *Hearing, Its Psychology and Physiology*, John Wiley & Sons, New York, 1938, pp.208-217.

[57] A.V. Eastman, *op cit*, pp.505-506.

[58] Francis Weston Sears, *Principles of Physics I*, Addison-Wesley Press, Cambridge, Mass., 1947, pp.500-503.

[59] Henry Jacobowitz, *Electronics Made Simple*, Doubleday & Co., New York, 1958, pp.136-138.

[60] T.S. Gray, *Applied Electronics*, second ed., John Wiley & Sons, New York, 1954, pp.738-744.

[61] R.N. Marsh, «Understanding Common-Mode Signals,» *Audio*, February 1988, pp.58-65.

[62] F. Longford-Smith, ed., *Radiotron Designer's Handbook*, fourth ed., Amalgamated Wireless Valve Co. Pty, Sydney, Australia (distributed in US by RCA); fourth ed., 1953, pp.606-611.

[63] J.R. Stuart, «An Approach to Audio Amplifier Design, Pts. 1-3,» *Wireless World*, 1973: August, pp.387-391; September, pp.439-446; October, pp.491-494.

[64] J. Moir, «Just Detectable Distortion Levels,» *Wireless World*, February 1981, pp.32-34, 38.

[65] D.E.L. Shorter, «The Influence of High-Order Products in Non-Linear Distortion,» *Electrical Engineering*, April 1950, pp.152-153.

[66] Parker, Sybil P, ed., *Acoustics Source Book*, McGraw-Hill Book Company, 1988, pp.290-313.

[67] G.E. Valley, Jr. and H. Wallman, eds., *Shuum Tube Amplifiers*, McGraw-Hill, New York, 1948, pp.424-467.

[68] N. Pass, «Cascode Amp Design,» *Audio*, March 1978, pp.52-59.

[69] H.W. Bode, «Relations Between Attenuation and Phase in Feedback Amplifier Design,» *BSTJ*, 193, July 1940, pp.162,303.

[70] Garde, P., «Transient Distortion in Feedback Amplifiers,» *Journal of the Audio Engineering Society*, 26:5, May 1978, pp.314-322.

[71] Matti Ojala, «Transient Distortion in Transistorized Power Amplifiers,» *IEEE Trans. Audio Electroacoustics*, AU-18.3, September 1970, pp.234-239.

[72] Matti Ojala and Eero Leinonen, «The Theory of Transient Intermodulation Distortion,» *IEEE Trans. Acous., Speech, and Sig. Proc.*, ASSP-25:1, February 1977, pp.2-7.

[73] E.M. Cherry, «Transient Intermodulation Distortion — Part 1: Hard Nonlinearity,» *IEEE Trans. on Acous, Speech, and Sig. Proc.*, 29:2, April 1981, pp.137-146.

[74] R.O. Rowlands, «Harmonic Distortion and Negative Feedback,» *Wireless Engineer*, June 1953, pp.133-135.

[75] 'Cathode Ray' (M.G. Scroggie), «Negative Feedback and Non-Linearity,» *Wireless World*, April 1961, pp.225-230; rewritten for transistors, *Wireless World*, October 1978, pp.47-50.

[76] G.S.C. Lucas, «Distortion in Valve Characteristics,» *Exp. Wireless*, November 1931, pp.595-598.

[77] J.E. Flood, «Negative-Feedback Amplifiers, Conditions for Critical Damping,» *Wireless Engineer*, July 1950, pp.201-209.

[78] Thomas Roddam, «Calculating Transient Response,» *Wireless World*, August 1952, pp.292-295.

[79] Peter J. Baxandall, «Audio Power Amplifier Design – 3,» *Wireless World*, May 1978, pp.83-88.

[80] STAFF OF THE DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING, MIT, *Magnetic Circuits and Transformers*, John Wiley and Sons, New York, 1958, p.485.

[81] W.T. Cocking, «High Quality Amplification,» *Wireless World*, May 4, 1934, pp.302-304; «Push-Pull Quality Amplifier,» May 11, 1934, pp.320-323; cont. May 18, 1934, pp.336-339.

[82] J. Millman and C.C. Halkias, *Electronic Devices and Circuits*, McGraw-Hill, New York, 1967, pp.544-556.

[83] F.E. Terman, ed., *Electronic and Radio Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1955, pp.348-350.

[84] B.J. Thompson, «Graphical Determination of Performance of Push-Pull Audio Amplifiers,» *Proc. IRE*, 21.4, April 1933, pp.591-600.

[85] H.L. Kraus, «Class-A Push-Pull Amplifier Theory,» *Proc. IRE*, January 1948, pp.50-52.

[86] M.A. Melehay, «Push-Pull Audio Amplifier Theory,» *Trans. IRE on Audio*, July-August 1957, pp.86-89.

[87] J.D. Ryder, *Engineering Electronics*, McGraw-Hill, New York, 1957, pp.168-178; / also T.S. Gray, *op cit*, pp.614-629.

[88] J.A. Hutcheson, «Graphical Harmonic Analysis,» *Elect.*, January 1936 pp.16-18, 34.

[89] D.T.N. Williamson, «Design for a High Quality Amplifier,» *Wireless World*, April 1947 (Part 1), pp.118-121; May 1947 (Part 2), pp.161-163.

[90] W.T. Cocking, «Ultra-Linear Amplifiers» (editorial), *Wireless Engineer*, 32.8, August 1955, pp.199-200.

[91] G.S.C. Lucas, «Distortion in Valve Characteristics,» *Exp. Wireless* November 1931, pp.595-598.

[92] John H. Pratt, «The Equivalent Characteristics of Vacuum Tubes Operating in Feedback Circuits,» *RCA Rev.*, 6:1, July 1941, pp.102-113.

[93] O.H. Schmitt, «Cathode Phase Inversion,» *So. Instrtm.*, March 1938, 15, p.100.

[94] J.N. Van Scoyoc, «A Cross Coupled Input and Phase-inverter Circuit,» *Radio & TV News* (Eng. Ed!), November 1948.

[95] *American Standard Definitions of Electrical Terms — A.S.A. no. C42*; American Institute of Electrical Engineers, New York, 1941, p.234.

[96] J.D. Ryder, *op at*, pp.158-168; /also T.S. Gray, *op at*, pp.610-613.

[97] F.R.W. Stratford, «Join-Up Distortion in Class-B Amplifiers,» *Wireless Engineer*, October 1935, p.539.

[98] J. Millman and C.C. Halkias, *op at*, pp.564-565.

[99] A. Pen-Tung Sah, «Quasi Transients in Class-B Audio-Frequency Push-Pull Amplifiers,» *Proc. IRE*, 24:11, November 1936, pp.1522-1535.

[100] Frank McIntosh and Gordon Gow, «Description and Analysis of a New 50-Watt Amplifier Circuit,» *Audio Engineering*, December 1949, pp.9-11, 35-40.

[101] N.H. Crowhurst, «Realistic Audio Engineering Philosophy,» *Audio*, October 1959, pp.52-60, cont. pp.113-114.

[102] I. Langmuir, «The Effect of Space Charge and Residual Gases on Thermionic Currents in High Vacuum,» *Phys. Rev.*, 2, 1913.

[103] Yuziro Kusunose, «Calculation of Characteristics and the Design of Triodes,» *Proc. IRE*, 17:10, October 1929, pp.1706-1749.

[104] J.D. Ryder, *op at*, pp.158-168; /also T.S. Gray, *op tit*, pp.610-613.

[105] R.G. Middleton, «Graphical Analysis of Degenerative Amplifiers,» *Radio*, March 1946, pp.23-24 50.

[106] Nelson Pass, «Build a Class-A Amplifier,» *Audio*, February 1977, pp.28-34.

[107] Nelson Pass, «Nelson Pass on Single-Ended Class-A,» *Audio Forum*, November 1994, pp.10-13.

$$I_{4M} = \frac{I_{\max} - I_{\min} - 4(I_0 + I_2) + 6I_0}{12}, \quad (4.4)$$

где $I_{1M}, I_{2M}, I_{3M}, I_{4M}$ – амплитуды токов 1, 2, 3, 4-й гармоник соответственно. Вычисления дают результаты:

$$\begin{aligned} I_{1M} &= 78,5 \text{ мА} \\ I_{2M} &= 5 \text{ мА} \\ I_{3M} &= 1,5 \text{ мА} \\ I_{4M} &= 0 \text{ мА} \end{aligned}$$

Соответствующие коэффициенты гармоник:

$$\begin{aligned} K_{Г2} &= (I_{2M}/I_{1M})100\% = 6,3\% \\ K_{Г3} &= (I_{3M}/I_{1M})100\% = 1,9\% \end{aligned}$$

Суммарная величина

$$K_{Г} = \sqrt{K_{Г2}^2 + K_{Г3}^2} = 6,6\%$$

Для определения входной динамической емкости каскада, нагружающей вместе с емкостью монтажа лампу предыдущего каскада, рассчитаем коэффициент усиления, равный:

$$K_y = \frac{U_{a\max} - U_{a\min}}{U_{c\min}}, \quad (5)$$

где $U_{a\max}$ – максимальное напряжение на аноде при $U_c = 2U_{c0}$;
 $U_{c\min} = 2U_{c0}$, равно 100 В для нашего случая

$$K_y = \frac{845 - 138}{100} \approx 7.$$

Динамическая мощность определяется, как

$$C_{\text{вхдин}} = C_{\text{ак}}(1+K_y), \quad (6),$$

где $C_{\text{ак}}$ – емкость сетка-анод (для RB300 – 10 пФ);

Тогда $C_{\text{вхдин}} = 10(1+7) = 80$ пФ.

Полная входная емкость лампы составит:

$$C_{\text{вх}} = C_{\text{вхдин}} + C_{\text{вх}} + C_{\text{М}} \quad (7),$$

где $C_{\text{вх}}$ – емкость сетка-катод (для RB300 – 25 пФ)

$C_{\text{М}}$ – емкость монтажа (около 10-20 пФ), $C_{\text{вх}} = 80 + 25 + 15 = 120$ пФ. (О влиянии входной емкости на величину тока драйвера см. статью «...какая лампа нужна...», А.Белканова.)

Определим основные требования к выходному трансформатору. Индуктивность первичной обмотки, обеспечивающая спад на нижней граничной

частоте, не более заданного, должна превосходить значение:

$$L_1 = \frac{1,2R_1}{2\pi F_H \sqrt{M_B^2 - 1}}, \quad (8)$$

где F_H – нижняя граничная частота (в герцах);

M_H – спад АЧХ на нижней частоте (в разгах).

Если $F_H = 20$ Гц и $M_H = 1,4$ (3 дБ), то $L_1 = 6,2$ Гн.

Однако на такое небольшое значение индуктивности можно ориентироваться только при уверенности, что переменная составляющая индукции в магнитопроводе не превысит 3-4 тысяч Гаусс. Реально, такие значения индукции получаются при значительно большем числе витков первичной обмотки, чем требуется для получения расчетной индуктивности, т.е. действительная индуктивность должна быть гораздо больше расчетной.

Величина индуктивности рассеяния не должна превышать значение:

$$L_s \approx \frac{R_1 + R_{a0}}{2\pi F_B} \sqrt{M_B^2 - 1}, \quad (9)$$

где F_B – верхняя граничная частота; M_B – спад АЧХ на верхней граничной частоте (в разгах).

При $F_B = 20000$ Гц и $M_B = 1,4$ (3 дБ) получится $L_s = 0,041$ Гн.

Это значение весьма небольшое, и добиться такой величины можно только при секционировании трансформатора [5].

Если решено использовать в каскаде автоматическое смещение, то рассчитывается величина катодного сопротивления:

$$R_k = \frac{U_{c0}}{I_{a0}}, \quad (10)$$

его мощность должна быть не меньше:

$$P_k = U_{c0} \cdot I_{a0} \quad (11)$$

и емкость шунта:

$$C_k \geq \frac{5 \div 10}{2\pi F_H R_k}. \quad (12)$$

В нашем каскаде $R_k = 500$ Ом;

$$P_k = 5 \text{ Вт}, C_k = 80 - 160 \text{ мкФ}$$

Напряжение анодного питания в кас-

каде с автоматическим смещением рассчитывается, как:

$$U_a = U_{a0} + |U_{c0}| + U_{тр}, \quad (13)$$

где $U_{тр}$ – напряжение падения на активном сопротивлении первичной обмотки; принимается обычно в районе 5 – 10 В, т.е.

$$U_a = 535 + 50 + 10 = 595 \text{ В}.$$

При фиксированном смещении составляющая $|U_{c0}|$ не суммируется, тогда

$$U_a = 535 + 50 = 545 \text{ В}.$$

Собственно расчет электрических режимов и основных параметров каскада на этом завершается. По полученным данным рассчитывают выходной трансформатор и источник питания.

Хотя некоторые из приведенных расчетных формул не являются абсолютно точными теоретически и изрядно упрощены, но достаточно удобны и неоднократно проверены на практике. Детальный анализ работы однотактного каскада можно найти в [2], [3], [5]. В этой статье я не касался особенностей работы ламп в режиме класса А2 (стоками управляющей сетки) в связи с тем, что режим этот довольно экзотический и весьма сложен с теоретической точки зрения (в частности гармонический анализ с учетом токов, появляющихся в сеточной цепи).

Используя приведенную здесь методику, вы сможете априорно, до начала конструктивного исполнения, получить довольно полную картину параметров и особенностей режимов работы проектируемого усилителя. Надеюсь, это поможет избежать многих ошибок и тупиковых путей.

Литература:

1. Андронников Д. «О том, как правильно рассчитать каскад, и не только об этом» Вестник А.Р.А № 2, 1997. с. 33–36
2. Войшвилло Г.В. «Усилители низкой частоты на электронных лампах» М, Связьиздат, 1963.
3. Марк М.Г. «Усилители высокой и низкой частоты» Госэнергоиздат, 1932.
4. Берг А.И. «Теория и расчет ламповых генераторов» Госэнергоиздат, 1932
5. Цыкин Г.С. «Трансформаторы низкой частоты» М, Связьиздат, 1957.

Еще года два-три назад российские любители об однотактных триодных усилителях слышали, в большинстве своем, лишь краем уха. Аудио-пресса потрудилась на славу, и сегодня только ленивый не знает об однотактниках. Да и рынок электровакуумных приборов весьма разнообразен: тут можно найти и мощные как тетроды и пентоды (6L6, EL34, 6550, ГУ50, ГУ72 и др.), так и триоды (6С33С, 6С41С, 6С4С, 300В). Правда, некоторые выдающиеся представители триодного племени до сих пор оставались в тени: сначала из-за их принадлежности к закрытой военной продукции, потом из-за прекращения их выпуска в связи с (кон)диверсией и, в конце концов, из-за малых объемов производства. Речь идет о мощном триоде **RB300-3СХ**, разработанном в конце 50-х – начале 60-х годов специалистами Ленинградского НПО «Светлана» для оборонных целей и там же выпускающемся по сей день.

RB300-3СХ

Согласно ТУ электронная лампа **RB300-СХ** представляет собой модуляторный триод коаксиальной цилиндрической конструкции с косвенным накалом. Лампа выполнена в металлокерамическом оформлении с внешним анодом, рассчитанным для работы с принудительным воздушным охлаждением. Основное назначение – работа в схемах анодной модуляции. Триод имеет высо-

СКАЗАНИЕ О ТОМ, КАК ДОБРЫ МОЛОДЦЫ RB300-3СХ В УСИЛИТЕЛЕ МОЩНОСТИ ПРИМЕНИЛИ

Д. Андроников

кую крутизну характеристики (до 25 мА / В), низкое внутреннее сопротивление (менее 500 Ом). Выдерживает высокие анодные напряжения (постоянное 2,2 кВ, импульсное 5кВ) и способен рассеять на аноде 300 Вт.

Выбор этого триода в качестве кандидата на роль выходной лампы однотактного усилителя не случаен: высокая степень линейности характеристик и крутизна позволяют сконструировать очень простой усилитель, обладающий хорошими характеристиками и достойным звучанием и к тому же очень длительным сроком службы – ресурс лампы составляет 10000 ч (это по оборонным стандартам, для быта эта цифра втрое больше). Пожалуй, единственным недостатком RB300 является высокая стоимость, но, если учесть, что она прослужит столько же, сколько 3–5 комплектов знаменитых 300В, отдавая при этом вдвое большую мощность, то, наверное, это не так уж и страшно. Макет подобного усилителя был представлен на выставке «Российский High-End'97» от редакции журна-

ла, и вот уже около года скрашивает своим звуком мое существование. Итак, что же можно получить от металлокерамического произведения искусства под названием **RB300-СХ** производства «Светланы»? Немало: 16 Вт выходной мощности (6% искажений) при 50 В амплитуды возбуждения.

Это при анодном напряжении всего лишь в 520 В, т.е. значительно меньше, чем требуется для получения подобных значений от 6М70 или 5V72-3. Небольшая амплитуда раскачки позволяет сделать усилитель всего о двух каскадах, его чувствительности хватит для работы с большинством источников сигнала. Кроме того, двухкаскадный усилитель дает возможность бескомпромиссно реализовать принцип взаимной компенсации четных гармоник, ранее рассмотренный в журналах «**Sound Practices Fall 1994**» и «**Glass Audio V8 № 4 1996**».

Об этом немного подробнее. Если внимательно изучить выходные характеристики лампы с нанесенной на них динамической характеристикой (см. «Вестник» № 2), то можно увидеть, что, если подать на сетку чистый синус,

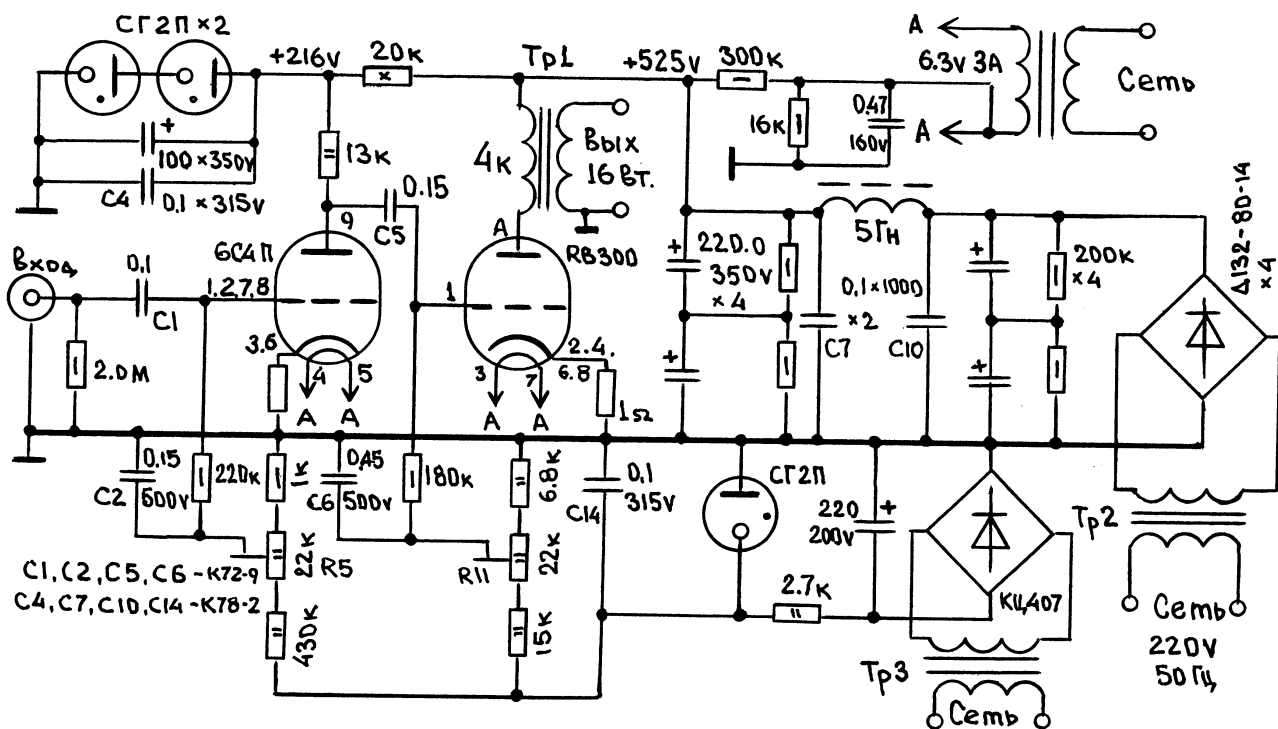


Рис. 1. Схема SE усилителя на RB300 (один канал).

положительная и отрицательная полуволны анодного напряжения будут разными. Увеличение сеточного напряжения вызывает рост анодного тока, крутизны характеристики и падение внутреннего сопротивления. Напряжение на аноде при этом уменьшается. С другой стороны, уменьшение напряжения на сетке закрывает лампу, снижает анодный ток, крутизну и увеличивает R_i . Характеристики лампы как бы «сжимаются» и, соответственно, амплитуда положительной полуволны анодного напряжения будет меньше отрицательной (не забудьте, что каскад инвертирует фазу входного сигнала). Это означает, что в спектре сигнала, снимаемого с анода лампы, появились четные (2-я и 4-я) гармоники. Теперь представим себе, что такой асимметричный сигнал будет подан на сетку следующего каскада на подобной лампе. При подаче на следующий каскад отрицательная полуволна (большая) будет «сжиматься» по амплитуде, а положительная (меньшая) получит возможность большего усиления. То есть процесс происходит в противоположном направлении. Таким образом, при полной идентичности ламп и их условий работы возможна и полная компенсация четных гармоник. На практике входная и выходная лампы обычно разных типов работают в различных режимах и на разные (в т.ч. комплексные, например, выходной трансформатор с подключенной акустикой) нагрузки. Но даже в этих условиях можно добиться реального снижения уровня четных гармоник на 10 – 20 Дб на средних и 2 – 10 Дб на крайних частотах рабочего диа-

пазона. Наилучшая компенсация наблюдается при выполнении условия:

$$\frac{R_{a1}}{R_{i1}} = \frac{R_{a2}}{R_{i2}} \quad (1)$$

где R_{a1} и R_{a2} – сопротивления анодных нагрузок 1-го и 2-го каскадов;

R_{i1} и R_{i2} – внутренние сопротивления соответствующих ламп.

Следует помнить, что компенсация эффективно действует только по отношению к четным гармоникам и не реализуется в отношении нечетных гармоник, доминирующих в спектре сигналов тетродов и пентодов; так что такой метод повышения линейности усилителей применим только к триодным конструкциям.

Вернемся к усилителю на **RB300**. Полная схема одного канала приведена на рис. 1, а выходные характеристики RB300 с линией рабочей нагрузки (динамической прямой) для $R_a = 4,5 \text{ кОм}$ – на рис. 2.

Первый каскад устройства выполнен на триоде 6С4П и обеспечивает предварительное усиление сигнала, поступающего на вход. Выбор лампы 6С4П обусловлен подобием ее характеристики характеристикам RB300-3СХ, а также высоким усилением и низким внутренним сопротивлением. Последнее условие немаловажно, так как динамическая входная емкость выходной лампы может достигать величины 180 пФ, что на частоте 20 кГц имеет импеданс около 50 кОм. Кроме того, этот триод очень выдерживает принцип эквипотенциальности (плоскопараллельная конструкция). Напряжение питания каскада

выбрано равным 215 В и стабилизировано газоразрядными стабилизаторами СГ2П. Для уменьшения шума, генерируемого стабилизаторами, они зашунтированы высокочастотным конденсатором С4, а для снижения флуктуации напряжения стабилизации – электролитом С3. Анодная нагрузка 6С4П (13 кОм) выбрана из условия получения достаточного усиления (около 40) и необходимой амплитуды выходного напряжения на сетке лампы второго каскада – 100 В (от пика до пика).

Смещение на сетку 6С4П фиксированное, регулируется по степени компенсации искажений, вносимых выходной лампой. Достоинства такого способа подачи смещения, по сравнению с автоматическим (резистор в цепи катода), рассмотрены в моей статье в «Вестнике» № 2.

Выходной каскад выполнен по классической схеме одноконтурного трансформаторного усилителя класса А с нагрузкой в цепи анода [1]. Напряжение смещения на сетку – фиксированное. Связь между каскадами – емкостная, через С5. Выходной трансформатор имеет коэффициент трансформации 22,6, что дает величину анодной нагрузки лампы в 4,1 кОм (при сопротивлении нагрузки 8 Ом). Расчет обмоток выходного трансформатора производился из условия максимальной переменной составляющей индукции в магнитопроводе 3000 Гс, чтобы избежать его насыщения при максимальной амплитуде сигнала частотой 45 Гц. Снижение индуктивности рассеяния достигнуто путем секционирования обмоток [2], а уменьшение распределенной емкости – междуобмоточной изоляцией большой толщины.

Источник питания отличий от известных схем не имеет. Единственное, на что следует обратить внимание, – это выбор диодов высоковольтного выпрямителя. Известно, что одно из принципиальных различий в работе вакуумного и полупроводникового диодов заключается в наличии у последнего процесса обратного восстановления при подаче на диод обратного напряжения. После протекания прямого тока он закрывается не мгновенно, а через определенное время. Все это время через диод протекает значительный ток. Несмотря на краткость процесса восстановления (сотни наносекунд – десятки микросекунд для различных типов диодов),

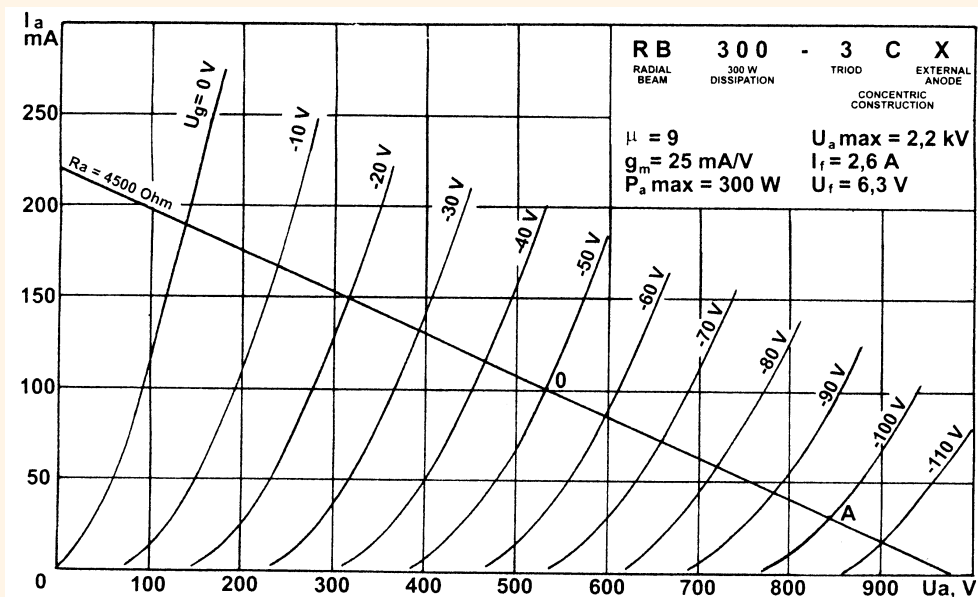


Рис. 2. Анодные характеристики RB300.

значительная величина обратного тока, несущего импульсный характер, в реальной схеме выпрямителя вызывает возникновение широкого спектра электромагнитных помех, наводящих соответствующие ЭДС и токи во всех близлежащих проводниках и искажающих форму напряжения сети в моменты перехода через ноль. Это, безусловно, влияет на звуковые цепи, увы, только в сторону ухудшения качества. Борьбаться с такими помехами можно несколькими способами: либо применять вакуумные диоды, либо обвешивать выпрямитель уймой цепей поглощения энергии заряда, накопленного в диодах (Sound Practices Fall 1994), либо установить в выпрямителе диоды с большой площадью кристалла. Дело в том, что величина накопленного заряда в диоде прямо пропорциональна плотности прямого тока через переход. Следовательно, применив диоды с большой площадью перехода (т.е. на значительные токи 10–100 А) для выпрямления тока в 100–200 мА, можно заметно уменьшить энергию импульса обратного восстановления. Поэтому в выпрямителе рекомендую использовать силовые диоды с допустимыми токами более 10 А. Попутно замечу: практически все силовые диоды могут быть высоковольтными (обратные напряжения до 2000 В) [3], что решает проблему выпрямления анодных напряжений без последовательного соединения приборов. Вот, похоже, и все особенности схемы. Теперь несколько слов о компонентах.

НЕ ВСЕ ЗОЛОТО, ЧТО БЛЕСТИТ, ИЛИ О ТОМ, ЧТО «НАШИ НЕ ХУЖЕ»

Все электронные компоненты схемы усилителя – отечественного производства. И дело здесь отнюдь не в редкости и цене импортных или в моем патриотизме (хотя и то, и другое имеет место). Большинство наших соотечественников даже не предполагают, насколько богата земля русская радиодетальями высшего качества. Начнем с резисторов. Многие адепты буржуйской элементной базы сходят с ума по продукции Allen Bradley и MCM. Но многие ли знают, что наши ВС, УЛИ, С1-4, УНУ ничем не хуже и представляют собой углеродное напыление на керамической основе без малейшего намека на полупроводниковые свойства металлооксидных и иных покрытий, а боруглеродные БЛП, при аналогичных звуковых свойствах, обладают еще и редкостной стабильностью параметров и низким значением собственного шума.

Как-то, читая «Sound Practices», я обратил внимание, как часто авторы при шунтировании конденсаторов боль-

шой емкости используют слюдяные с серебряными обкладками, емкостью около 1000 – 5000 пФ, считая их наилучшими с точки зрения звука. Бедные буржуи! Они вынуждены довольствоваться «слюдой» 3000 пФ x 500 В за 3–5 USD; тут же у себя в ящиках я обнаружил конденсаторы КСГ 0,1 мкФ x 500 В 1% – как раз то самое: серебро и слюда. Кроме того, их ТКЕ – всего 20×10^{-6} на 1°C от номинала, т.е. менее 0,5% в интервале температур от -60°C до $+100^\circ\text{C}$. А маленькие СГМ1-СГМ4, всюду применявшиеся даже в бытовой технике и лампах дневного света, – та же самая конструкция, только пропитана техническим вазелином (до 10000 пФ, напряжение – до 500 В). Случаются еще большие чудеса: мне приходилось использовать конденсаторы ССГ – слюда-серебро; пропитка – церезин; емкость – 0,2 мкФ 0,1%; напряжение – 1000 В. Бумажные емкости – если и не такие «крутые», – далеко не аутсайдеры. Я не говорю об известных МБГ (далее одна из множества букв алфавита), про них всем известно. А вот старые емкости МКВ (бумага + станиолевая фольга, и все это пропитано парафином под давлением около 50 атм), думаю, заставили бы задуматься и самого Хироясу Кондо. Всякие MULTI- и MUSI-CAPы, усиленно рекламируемые во многих изданиях, в России известны вот уже лет 40 под названиями ФТ, ФГТ, ФГТИ, ФГТН и отличаются от западных только в лучшую сторону: здесь в качестве диэлектрика работает небезизвестный фторопласт-4. «Телевизионные» К78-2 ни в чем не уступают полипропиленовым от VIMA. Для выбора просто перечислю типы отечественных конденсаторов, которые хороши во всех отношениях:

1. Бумага в масле: К40У-9, КБГ-М, КБГ-И, МКВ, БГТ;
2. Металлобумажные: МБГП, МБГУ, МБГВ, МБГТ;
3. Фторопластовые: ФТ-, К72П-6, К72-9, ФСД-Э;
4. Полипропиленовые: К78-2, К78-3, К78-4, К78-6;
5. Поликарбонатные: К77-1, К77-2, К77-4.

Единственные емкости из отечественных, которые лучше не трогать, – это электролиты... Ну не везде же быть лучшими... Поэтому электролиты в фильтрах питания – Rubuson или Nichicon, хотя наши К50И-8, К50-23 – очень достойны, спору нет. Трансформатор ТР2-ТАН 77 или ТАН 112, ТР3 – ТПП 248, ТПП 262 или ТА 1, ТА 11, ТА 12. Переменные резисторы R5 и R11 – СПО-2. Разделительные конденсаторы С1 и С5 – любые из вышеуказанных типов на

напряжение не ниже 63 В (С1) и 200 В (С5). Наилучшие результаты дают слюда и фторопласт. Это же относится к шунтирующим конденсаторам С2, С6, С4, С7, С10.

Опытный образец этого усилителя, изготовленный в редакционной лаборатории, обладал следующими параметрами:

1. Номинальная входная мощность 16 Вт
2. Коэффициент гармоник (1000Гц) $\leq 2\%$
3. Номинальный диапазон частот при мощности:

0,001 Вт	10Гц – 45кГц,
0,1 Вт	10Гц-45кГц,
1Вт	10Гц-45кГц,
10Вт	30Гц-45кГц,
16 Вт	45Гц-45кГц.
4. Относительный уровень шумов и помех на выходе (при мощности 16 Вт): неизвешенное значение 85дБ, взвешенное по МЭК-А 98-100дБ.
5. Чувствительность при Рвых = 16 Вт 0,7В (RMS)
6. Выходное сопротивление 1,56 Ом

В заключение хочу заметить, что лампа **RB300-3CX** обязательно требует принудительного воздушного охлаждения, которое обеспечивает вентилятор (компьютерный, 12-вольтовый, работающий при пониженном напряжении и поэтому практически не создающий акустического шума). Необходимо, чтобы воздух сначала набегал на цоколь лампы, а затем проходил через радиатор. Утечки воздуха необходимо исключить, чтобы весь поток проходил через лампу. Уверен, что инженерный гений практически любого российского самодельщика способен справиться с этой задачей.

Лампы **RB300-3CX** и панели для них можно заказать в редакции журнала. Более подробная схема (значения напряжений на анодах, токи анодов, величины смещений) и реализация конструкции будут высланы по заказу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войшевцелло Г. В. Усилители низкой частоты на электронных лампах. М.: Связьиздат, 1963.
2. Цыкин Г. С. Трансформаторы низкой частоты. М.: Связьиздат, 1955.
3. Чебоксский О. Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы. Справочник. Изд. 2-е. М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. N.K. Shishido Однотактный усилитель с межкаскадным трансформатором. // ж. Glass Audio, № 3/97. (в редакции имеется русскоязычный вариант этой статьи).

ВЫХОДНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

James Moir, GA 3/1994 (Part 2)

При рассмотрении работы выходного трансформатора весьма существенным шагом может быть устранение из схемы всех высоковольтных цепей. Действительно, при описании работы лампы и трансформатора во взаимодействии, все элементы цепи лампы: сама лампа, резистор автосмещения, шунтирующий его конденсатор, разделительный конденсатор и резистор утечки в цепи сетки – могут быть удалены и заменены одним резистором, равным внутреннему сопротивлению лампы в рабочей точке.

Однако, поскольку лампа является активным прибором, то она генерирует определенную мощность в цепи выходного электрода, следовательно, мы должны к резистору R_i добавить еще и генератор напряжения, мощностью, соответствующей отдаваемой лампой в нагрузку. Выполнив это, мы увидим, что часть схемы, обведенная пунктиром (Рис. 6А), может быть заменена всего двумя элементами (Рис. 6В): резистором R_i и генератором с бесконечно малым внутренним сопротивлением, соединенными последовательно.

ЭТО СЛЕДУЕТ ПРИНЯТЬ НА ВЕРУ

Собственно выходной трансформатор упростить будет несколько сложнее. Типовая схема, показанная на Рис. 4А, состоит из двух изолированных обмоток, магнитно связанных сердечником. Вторичная обмотка нагружена на сопротивление звуковой катушки громкоговорителя. Для начала заменим, устраним из схемы резистор R_{LS} звуковой катушки, чтобы получить схему (Рис. 4В). Следующий шаг при-

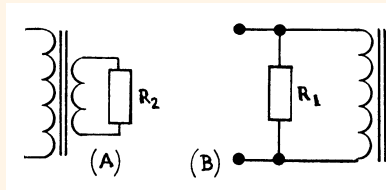


Рис. 4. Когда отношение числа витков первичной к числу витков вторичной обмоток равно n , трансформатор и резистор (А) могут быть заменены схемой (В), где $R_1 = n^2 R_2$

дется просто принять на веру. Коэффициент трансформации, обычно обозначаемый n , не зависит от частоты; следовательно, чтобы не домножать любое сопротивление во вторичной цепи на n^2 при каждом вычислении, примем соотношение витков обмотки равным 1:1, т.е. число витков первичной и вторичной обмотки возьмем одинаковыми.

Нагрузочный резистор величиной, скажем, 1кОм, подключенный ко вторичной обмотке трансформатора с $n = 1$, может быть заменен резистором точно такой же величины в цепи первичной обмотки, в том числе и на нижних частотах рабочего диапазона. Так мы упростили схему до состояния, показанного на Рис. 6С, где трансформатор и нагрузка сведены к параллельной цепи из резистора R_L и индуктивности L_p , представляющей собой собственную индуктивность первичной обмотки, измеренную на нижней частоте с разомкнутой цепью вторичной обмотки.

Если выходное напряжение гене-

ратора не зависит от частоты, то изменения напряжения на R_L и L_p будут в точности соответствовать закону изменения напряжения на сопротивлении звуковой катушки.

ПРОСТЕЙШАЯ СХЕМА

Даже без конкретных значений R_L очевиден ход частотной характеристики на нижних частотах и те меры, которые нужно предпринять для получения плоской АЧХ. Если генератор выдает напряжение очень низкой частоты, ток пойдет по цепи из последовательно соединенного g_a с параллельной ветвью R_L и L_p . В этом случае напряжение на R_L (или L_p) будет представлять собой лишь малую часть собственного напряжения генератора, ведь величина импеданса L_p ($X_L = 2\omega L_p$) на низких частотах очень мала.

По мере повышения частоты генератора импеданс L_p будет расти (прямо пропорционально частоте) и на некоторой высокой частоте существенно превысит R_L . Начиная с этой, и для более высоких частот индуктивность L_p может быть без ущерба удалена из рассмотрения, и схема упростится до состояния (Рис. 6D) – генератор и два резистора. На таких частотах напряжение на выходе схемы можно рассчитать по формуле:

$$U_o = U_i \cdot \frac{R_L}{r_a + R_L}$$

ОБ АВТОРЕ

С середины 30-х годов Джеймс Моир нашел свой жизненный интерес в электроакустике и сделал ее своей профессиональной карьерой. Большую часть своей активной деятельности он работал в английской фирме «British Thomson-Houston Company». Оказавшись в ней после второй мировой, J. M. занимался разработкой специального оборудования для кинематографа, включая многоканальную запись и воспроизведение. В 60-х и 70-х годах в журнале «db» вел собственную рубрику, посвященную профессиональному звукоусилению. Участвовал в разработке стандартов SMPTE и AES. Умер в 1988 г. в возрасте 80 лет.

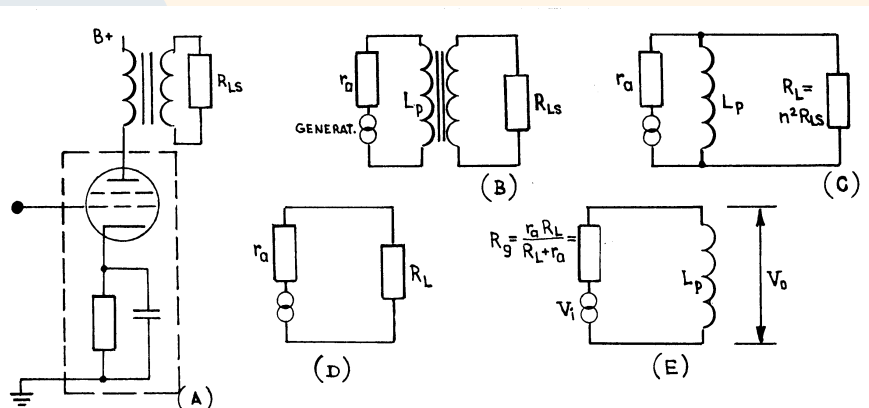


Рис. 6. Схема выходного однотактного каскада (А) и ее эквиваленты: В – в упрощенном виде, С – на низких частотах, D – на средних частотах (150Гц–4кГц), Е – результирующая схема для частот ниже 150Гц

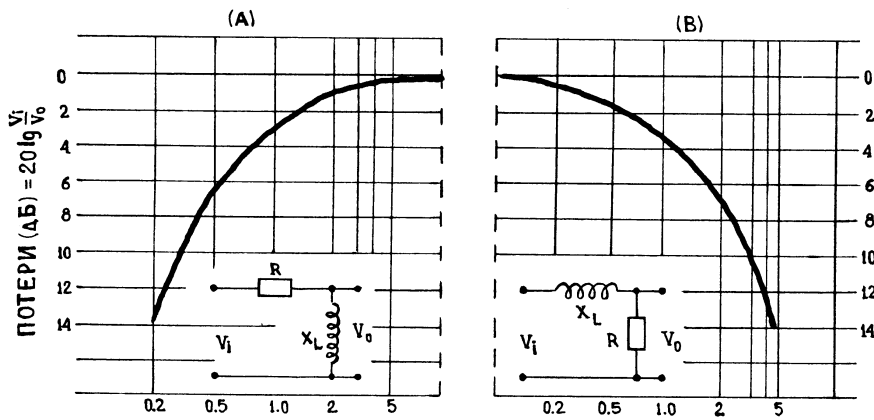


Рис. 7. Основные виды АЧХ трансформаторов: f_0 – частота, на которой импеданс $X_L = R$; f_1 – частота, на которой вычисляется величина спада АЧХ; (А): Потери на НЧ из-за уменьшения индуктивного сопротивления первичной обмотки; (В): Потери на ВЧ вызваны индуктивностью рассеяния X_L/R или f_1/f_0

Оно будет таковым и на всех более высоких частотах (о самых высоких частотах см. дальнейшие рассуждения).

Теперь условие получения плоской АЧХ на нижних частотах становится очевидным: индуктивность L_p должна быть достаточно высокой, чтобы не шунтировать резистор R_L .

Технически подготовленные читатели могут найти слабое место в этих рассуждениях. На тех частотах, где импеданс L_p мал по сравнению с R_L , общий импеданс цепи будет невелик, и ток, отбираемый от генератора с постоянным выходным напряжением, значительно возрастет, поддерживая примерно на постоянном уровне величину напряжения на R_L и L_p .

Детальный анализ показывает, что этот эффект компенсации может быть точно учтен путем уменьшения сопротивления в цепи генератора до величины параллельного соединения R_L и g , что еще более упрощает схему (Рис. 6Е). Эта схема имеет АЧХ, в точности соответствующую АЧХ схемы Рис. 6А, и демонстрирует удобство использования эквивалентных схем.

В схеме на Рис. 6Е хорошо видно, что $U_{\text{вых}}$ стремится к $U_{\text{вх}}$ по мере увеличения импеданса L_p . Величина $X_L = 2\omega f L_p$ прямо пропорциональна частоте, и легко понять, как трудно увеличить X_L до величин, сравнимых с R_G (сопротивление эквивалентного генератора) на самых низких частотах в несколько герц. При использовании трансформатора невозможно исключить спад на низких частотах, но частоту, на которой спад достигает заданной величины, можно снижать путем увеличения L_p .

По причинам, которые мы рассмотрим ниже, за нижнюю частоту среза принимают частоту, на которой импеданс L_p равен значению R_G ; на этой частоте спад АЧХ будет равен 3дБ.

В большей степени это математическая абстракция, чем реальная точка, с которой начинается значительный спад характеристики. В реальности же ниже этой частоты выходная мощность будет падать со скоростью 6дБ /октаву.

Форма частотной характеристики, т. е. соотношение U_i/U_o с частотой сигнала, определяется отношением X_L и R_G и всегда неизменна. Все выходные трансформаторы имеют частоту среза на очень низких частотах, а «плохой» выходит на «плоскую» часть АЧХ на более высоких.

Удобно представить эту «универсальную» форму АЧХ в виде графика (Рис. 7), где f_0 – это частота, на которой величины X_L и R_G равны. По графику видно, что на частоте, где f_1/f_0 , спад АЧХ составляет 3 дБ, а на половинной частоте всего 7 дБ.

Полученную кривую можно связать с практикой, если рассматривать выходные трансформаторы с конкретными значениями L_p , которые определяют АЧХ на низких частотах. К примеру, двухтактный каскад на EL34, работающий при величине нагрузки $R_{A-A} = 3,4$ кОм. Каждая лампа имеет внутреннее сопротивление $g = 15$ кОм и, следовательно, эквивалентное внутреннее сопротивление двухтактного каскада может быть

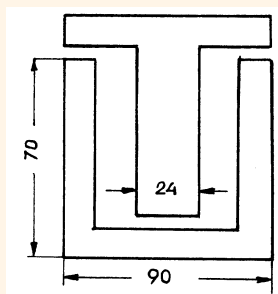


Рис. 8. Типовая форма магнитопровода.

принято равным 30 кОм. Это примерно в 10 раз больше, чем сопротивление нагрузки между анодами (соотношение, типичное для тетродов и пентодов); в результате эквивалентное сопротивление генератора R_G будет равно 3кОм, лишь немногим меньше, чем сопротивление нагрузки 3,4кОм. Если принять допустимый спад 3дБ на 50 Гц, то импеданс индуктивности первичной обмотки L_p на этой частоте должен быть равным 3 кОм, а сама индуктивность $L_p = 3000/250 = 10$ Гн. Если требуется частота среза в 10 Гц, то индуктивность, соответственно, вырастет в 5 раз и будет равна 50Гн.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Основная задача расчета трансформатора – это определение числа витков и размера сердечника, необходимых для достижения заданной индуктивности. Любая величина индуктивности может быть получена двумя способами: малым числом витков на сердечнике больших размеров или значительным числом витков на маленьком сердечнике. В первом случае мы получим трансформатор с высоким КПД и большой стоимостью, а во втором все наоборот: низкий КПД и невысокая цена. До тех пор, пока не определены допустимые потери полезной мощности, выбор сердечника в существенной степени произволен.

По данным ведущих изготовителей, их высококачественные трансформаторы имеют в среднем удельный объем железа 2 куб. дюйма /Вт, т.е. набор пластин, показанных на Рис. 8, толщиной в 1,5 дюйма, способен работать с мощностью около 20 Вт. Более подробно вопрос выбора сердечника стоит рассмотреть позже, при анализе внешних трансформатором искажений.

Индуктивностью катушки, намотанной на замкнутом стальном сердечнике, ориентировочно может быть рассчитана по формуле:

$$L = \frac{3,2 \cdot N^2 \cdot \mu \cdot S}{10^9 l} \quad (1)$$

где N – число витков, μ – магнитная проницаемость железа, S – площадь сечения железа, l – длина силовой линии магнитного поля (все размеры даны в дюймах).

Величины, входящие в формулу, вполне понятны, за исключением магнитной проницаемости материала сердечника. Установить точное значение этого параметра невозможно, поскольку проницаемость всех известных магнит-

ных материалов зависит от плотности магнитного потока, т.е. от индукции в сердечнике. Типичная зависимость магнитной проницаемости от индукции приведена на Рис.9, но практика показывает, что такие величины проницаемости не достигаются в трансформаторах при обычных условиях. Эти кривые справедливы для тороидальных сердечников без немагнитного зазора, да еще после специального отжига.

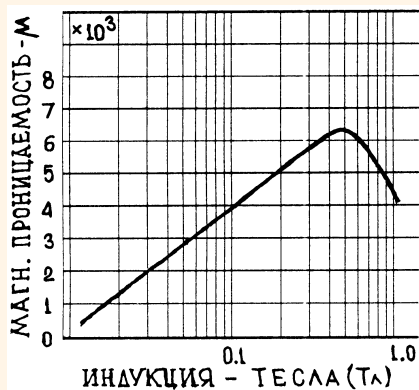


Рис. 9. Типовое соотношение между индукцией в магнитопроводе и магнитной проницаемостью для трансформаторной стали

Штампованные пластины отжигают сравнительно редко и собирают в пакет с небольшими, но неустранимыми зазорами, и, в конце концов, зачастую даже в двухтактных каскадах в первичной обмотке имеется небольшая несбалансированная составляющая постоянного тока. Все эти факторы снижают величину по сравнению с идеальными условиями измерения. Реальные значения проницаемости примерно вдвое меньше идеальных, показанных на Рис. 9. Величина изменяется пятикратно в диапазоне изменения индукции от 0,02 Тл до 0,5 Тл.

Таким образом, и величина индуктивности первички будет изменяться в пределах пяти раз в зависимости от индукции, и, соответственно, будет изменяться частотный диапазон (вместе с изменением выходной мощности), хотя индуктивность, измеренная при невысокой индукции в магнитопроводе, достаточна для получения плоской АЧХ.

Выбор требуемой индукции и соответствующей ей величины индуктивности обмотки в существенной мере произволен, но если берется равной 1500 при $B = 0,5 \text{ Тл}$, то результат будет вполне удовлетворительным. Однако проблема величины индукции в магнитопроводе вновь всплывет на поверх-

ность при рассмотрении искажений в трансформаторе.

ВСЕГО ОДИН ВИТОК...

Опираясь на ранее означенную величину удельного объема железа 2 куб. дюйма/Вт, можно считать, что набор стандартного железа (Рис. 8) толщиной 1,5 дюйма легко справится с 20 ваттами мощности. При таком наборе площадь сечения магнитопровода составит примерно 1,5 кв.дюйма, а длина силовой линии в магнитопроводе — около 8 дюймов. Подставив эти значения в формулу (1), получим 1100 витков для индуктивности 10Гн и 2400 витков для индуктивности 50Гн.

При рассмотрении гармонических искажений в дальнейшем будет показано, что в общем случае индуктивность первичной обмотки, необходимая с точки зрения минимальных искажений, автоматически обеспечивает и широкий частотный диапазон.

Требуемое число витков может быть намотано единой катушкой, поверх которой наматывается вторичная обмотка (Рис. 10), однако, такая конструкция практически не применяется в трансформаторах высокого качества. Чем же плоха эта простая и дешевая конструкция? Ответ на этот вопрос кроется в зависимости высокочастотных свойств трансформатора от взаимного расположения обмоток. Во всех предыдущих расчетах предполагалось, что весь магнитный поток, создаваемый первичной обмоткой, концентрируется в сердечнике и связывает собой первичную и вторичную обмотки. Однако это предположение не распространяется на область высоких частот. На простом примере (Рис. 11) видно, что магнитный поток катушки замыкается по двум различным

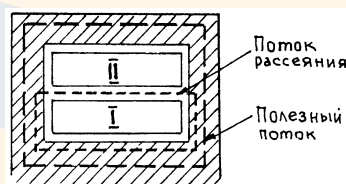


Рис. 10 Вторичная обмотка над первичной. Допустима только для трансформаторов с неширокой полосой частот.

путям. Основной путь — через сердечник, здесь концентрируется львиная доля магнитного потока. Кроме него имеется еще один путь, замыкающий очень незначительную часть потока, — в обход сердечника, через воздух, как показано на Рис. 11. Это значит, что не весь магнитный поток, порождаемый

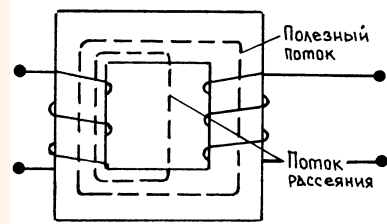


Рис. 11. Пути основного потока и потока рассеяния в трансформаторе.

первичной обмоткой, замыкается через вторичную.

В хорошем трансформаторе более чем 99,9% магнитного потока первички сцепляется с витками вторички, однако, оставшиеся 0,1% способны создать значительные потери на высоких частотах. Для объяснения этого явления вернемся к Рис. 6с.

ТУМАН РАССЕЙВАЕТСЯ

Индуктивность первичной обмотки L_p включена в параллель с резистором нагрузки R_L , но для частот выше 50–150 Гц, импеданс этой индуктивности становится много больше величины R_L , и тогда эффект шунтирования нагрузки низким импедансом индуктивности обмотки становится крайне малым. Выше этих частот L_p не влияет на ход АЧХ трансформатора, которая определяется теперь только величинами r_a и R_L и, таким образом, горизонтальна.

На частотах выше нескольких килогерц на АЧХ вновь начнется спад, который не учитывается эквивалентными схемами (Рис. 6). Потери на высоких частотах вносит индуктивность, представляющая эффект рассеяния магнитного потока вне сердечника и уменьшение связи между обмотками. На низких частотах рассеяние потока себя никак не проявляет.

Для описания эффекта рассеяния можно представить себе, что магнитный поток, порождаемый первичкой, минует несколько витков вторичной обмотки, тем самым оставляя эти витки как бы вне трансформатора, а индуктивность этих витков включена последовательно с R_L . Совершенно не существенно — то ли 99% потока от первичной обмотки сцепляются со 100% вторичной, то ли 100% потока первички сцепляются с 99% вторички, но более ясная картина получается во втором случае. Индуктивность, соответствующая потерям потока первичной обмотки, сцепляемого со всей вторичной, называется индуктивностью рассеяния и ее можно измерить любым стандартным мостом переменного тока при замкнутой накоротко вторичной обмотке. Точно такой же результат даст измере-

ние индуктивности вторичной обмотки при замкнутых выводах первички. (Численно значения будут отличаться ровно на величину квадрата коэффициента трансформации).

Результирующий эффект влияния индуктивности рассеяния на частотный диапазон легко определить по месту этой индуктивности в эквивалентной схеме. Она включена последовательно с сопротивлением нагрузки R_L (Рис. 12). С увеличением частоты импеданс индуктивности L_S пропорционально возрастает, становясь сравнимым с величиной R_L , а при дальнейшем повышении частоты превзойдет R_L . Напряжение генератора теперь делится между тремя элементами – внутренним сопротивлением генератора r_a , индуктивностью

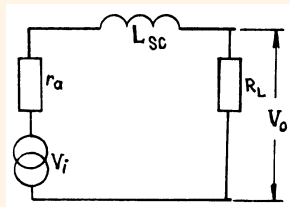


Рис. 12. Эквивалентная схема для частот выше 4кГц.

рассеяния L_S и сопротивлением нагрузки R_L , и соответственно U_o (напряжение на нагрузке) будет уменьшаться с увеличением частоты со скоростью 6дБ/октаву.

Частота, на которой спад АЧХ будет значительным (опять берут точку -3дБ), является функцией отношения импеданса L_S к суммарному сопротивлению $r_a + R_L$. Спад -3дБ наблюдается при $X_S = 2\pi f L_S = r_a + R_L$, а затем АЧХ падает со скоростью 6дБ/октаву (рис. 7В).

Соотношения, описывающие потери на низких и высоких частотах, одинаковы, что хорошо видно при сравнении форм кривых рис. 7А и рис. 7В.

РЕАКТИВНОСТЬ РАССЕЯНИЯ

Ясно, что для расширения частотного диапазона в сторону высоких частот необходимо всемерно уменьшать величину L_S . Поэтому сейчас мы рассмотрим факторы, оказывающие на нее влияние. Не требуется особых усилий, чтобы понять, как растет индуктивность рассеяния с увеличением числа витков обмотки, – как и всякая индуктивность, она растет пропорционально квадрату их числа.

С точки зрения уменьшения индуктивности рассеяния из этого факта нельзя извлечь никакой выгоды, по-

скольку, как мы видели ранее, общее число витков определяется требуемой нижней граничной частотой. Другое возможное решение – это уменьшение потока рассеяния, не сцепляющегося со вторичной обмоткой. Эта задача решается максимально возможным приближением витков вторичной обмотки к первичной. Обсудим возможности такого приближения.

Наихудший из возможных вариантов конструкции трансформатора – это элементарный трансформатор, показанный на рис. 11, в котором первичная обмотка расположена на одном стержне сердечника, а вторичная – на другом. Поток рассеяния в этом случае может составить значительную часть общего потока. Резко уменьшить поток рассеяния можно, намотав вторичную обмотку поверх первичной, как показано на рис.10 и предпочитая тип пластин по рис.8 тому, что применен в примере на рис.10. В этом случае поток рассеяния замыкается через промежутки между обмотками и, очевидно, будет во много раз меньше, чем в трансформаторе по рис. 11.

Дальнейшее уменьшение рассеяния достигается разделением какой-либо обмотки на две части, расположенные по разные стороны другой обмотки. Этот принцип секционирования может быть распространен и далее, когда и первичка и вторичка секционируются, а секции обмоток чередуются друг с другом. Некоторые типовые решения приведены на рис. 13. Схема секционирования (рис. 13в) хороша для двухтактных усилителей тем, что сопротивление половинок первичной обмотки может быть сделано одинаковым

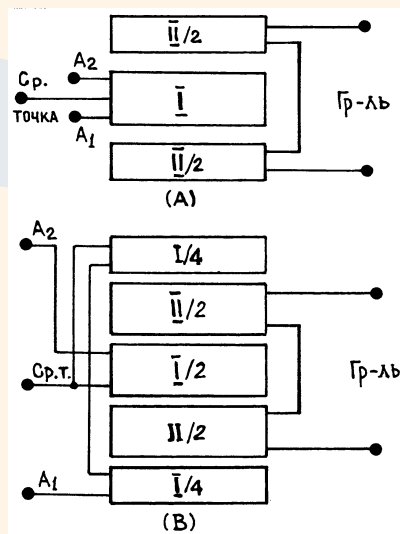


Рис. 13. Дальнейшее секционирование обмоток с целью снижения индуктивности рассеяния.

путем последовательного соединения крайних секций, имеющих число витков $P/4$ последовательно для одного плеча и, соответственно, центральной секции $P/2$ – для другого. Кроме того, это уменьшает рассеяние между половинами первичной обмотки и вторички.

Заслуживают внимания два различных подхода к снижению индуктивности рассеяния. Ее уменьшение посредством секционирования обмоток имеет много преимуществ, но ограничивается необходимостью обеспечения изоляции секций друг от друга, выдерживающей анодное напряжение и амплитудные значения сигнала. Обычно вторичная обмотка заземляется, а первичная находится под потенциалом $+U_a$. Новые изоляционные материалы с высокой прочностью позволяют реализовать все преимущества этого способа из-за малой толщины изолирующих прокладок.

Индуктивность рассеяния трансформатора на сердечнике любого типа можно рассчитать с достаточной степенью точности по формуле:

$$L_S = 3,2 \cdot N^2 \cdot \frac{2\pi r}{\ell} \cdot \left(S + \frac{d_1}{3} + \frac{d_2}{3} \right) \cdot 10^3, \text{Гн}$$

(обозначения приведены на рис. 14.)

Видно, что индуктивность рассеяния увеличивается при увеличении радиуса намотки r , толщины изоляции S между обмотками и уменьшается при увеличении длины намотки ℓ .

Железо с длинным и узким окном (рис.15а) имеет меньшую индуктивность рассеяния на один виток, чем железо с квадратным окном (Рис. 15 в). Однако это преимущество не так велико, как может показаться на первый взгляд. Железо с высоким и узким окном имеет большую длину силовой линии и, соответственно, меньшую индуктивность обмотки, приходящуюся на один виток, чем железо с квадратным окном. В любом случае у каждой геометрии пластин есть преимущества, и они могут быть оптимально реализованы.

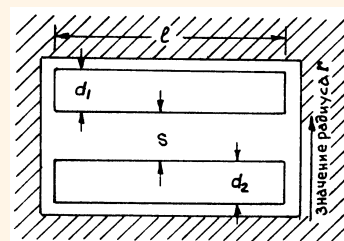


Рис. 14. Размеры, необходимые для расчета индуктивности рассеяния.

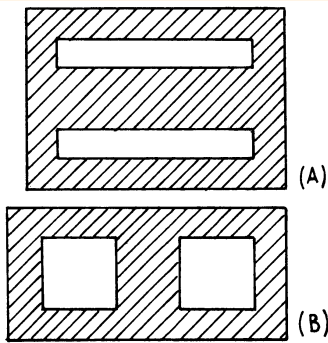


Рис. 15. Пластины с длинным окном (А) имеют меньшую индуктивность рассеяния, чем пластины с квадратным окном (В).

ИСКАЖЕНИЯ

Последняя тема для обсуждения – это гармонические и интермодуляционные искажения, возникающие в приборах с магнитным сердечником. Эта тема не так проста для понимания и поэтому будет рассмотрена несколько подробнее, чем предыдущие.

Каким же образом возникают искажения в приборах со стальным магнитопроводом? Природа искажений лежит в нелинейной зависимости между напряженностью магнитного поля H и индукцией B , но, кроме того, она обусловлена наличием гистерезиса в магнитных материалах.

В идеальном магнитном материале напряженность магнитного поля H создает пропорциональную ей индукцию B в магнитопроводе. Так, если мы удвоим величину H (например, увеличением числа витков или тока через обмотку вдвое), то и B должна удвоиться. Более того, величина B должна быть всегда одной и той же для каждого конкретного значения H , независимо от направления тока в обмотке. Ни одно из этих требований не выполняется в реальных магнитных материалах. Что же происходит, хорошо видно из рис. 16, представляющего собой типичное соотношение B и H для трансформаторной стали.

При росте тока от нуля через подмагничивающую обмотку при условии, что железо было намагничено в предыдущем цикле, индукция в магнитопроводе растет примерно пропорционально до точки a (Рис.16), затем пропорциональность нарушается ($a-b$) и, наконец, магнитопровод входит в насыщение (c), где очень большие приращения тока вызывают лишь незначительное увеличение B .

Когда ток в катушке меняет свое направление, то B падает не по кривой cba , а по кривой def , для которой значения B (соответствующие одним и тем же значениям H) больше, чем при нарастании H .

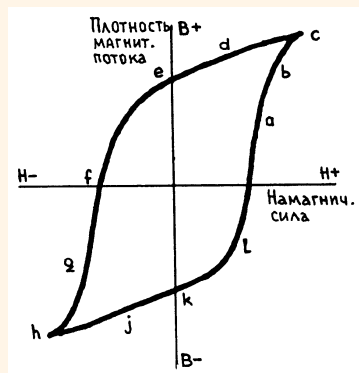


Рис. 16. Типовой график зависимости B/H для железа.

Чтобы величина B приняла нулевое значение, необходимо изменить направление намагничивающего тока (точка f). Начиная с этих значений, процесс намагничивания будет симметричен рассматриваемому ранее, только в отрицательной полуплоскости (g, h, i, k, l), где величина B достигнет отрицательного максимума и вернется к нулю.

Cul-de-Sac

Существенным моментом является то, что изменения величины B образуют замкнутую площадь вместо прямой линии. График зависимости B/H (рис.16) наглядно демонстрирует, что синусоидальное изменение намагничивающего тока в первичной обмотке вызовет несинусоидальные изменения потока в магнитной цепи. А поскольку напряжение на вторичной обмотке пропорционально скорости изменения магнитного потока, то синусоидальное выходное напряжение может быть получено только при синусоидальном изменении магнитного потока; последнее, в свою очередь, получается только при несинусоидальном изменении тока в первичной обмотке.

На этом этапе рассуждений может показаться, что мы зашли в тупик: для неискаженной трансформации синусоидального сигнала требуется создать несинусоидальный ток в первичной обмотке. Однако, этот тупик, по сути, надуманный и можно доказать, что лишь очень малая часть синусоидального напряжения на первичной обмотке будет участвовать в порождении несинусоидальной составляющей потока, соот-

ветственно, и выходное напряжение будет синусоидальным при условии малости сопротивления источника сигнала. Возникает вопрос: насколько же оно должно быть мало?

В природе существует несколько резко меняющих свои характеристики процессов, но не похоже, что искажения в трансформаторе будут нулевыми при нулевом сопротивлении источника, а затем, даже при очень малом его отличии от нуля, резко возрастут.

Детальный анализ показывает, что уровень искажений зависит от отношения сопротивления источника сигнала к импедансу индуктивности первичной обмотки и является функцией индукции, при которой работает магнитопровод. Последний момент объясняется тем, что связь между H и B наиболее пропорциональна в районе точки a (рис. 16). К сожалению, малые величины индукции достижимы только в трансформаторах с внушительными сердечниками (и ...высокой стоимостью).

УРОВЕНЬ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ

Достоинства источников сигнала с низким выходным сопротивлением в вопросе уменьшения искажений не так уж очевидны и требуют более подробного объяснения.

Если генератор с нулевым внутренним сопротивлением и синусоидальным выходным напряжением работает на резистивную нагрузку, тогда и ток, и напряжение будут синусоидальными. Если резистивную нагрузку заменить индуктивной (с железным сердечником), то напряжение останется синусоидальным, а форма тока будет несколько искажена – на величину, необходимую для получения синусоидального изменения магнитного потока, соответственно, и синусоидального напряжения на вторичной обмотке. Ток первичной обмотки будет содержать набор высших гармоник (третьей, пятой, седьмой...).

В том случае, если в цепи генератора имеется еще и сопротивление, то ток в цепи менее искажен, а вот искажения напряжения возрастают. В общем случае, любое сопротивление в целом уменьшает искажения тока обмотки, необходимые для поддержания синусоидальной формы изменений магнитного потока, и, следовательно, напряжения на вторичной обмотке.

При обсуждении работы трансформатора на низких частотах было показано, что сопротивление (R_{Σ}), опреде-

ляющее АЧХ в НЧ области, является параллельным соединением сопротивлений источника и нагрузки. Эта же самая величина определяет и уровень искажений. Если сопротивление обмотки трансформатора велико, то это значение следует суммировать с сопротивлением нагрузки перед расчетом величины эквивалентного параллельного соединения – R_G .

Большинство изготовителей трансформаторных сталей приводят графики зависимости искажений от соотношения эффективного сопротивления нагрузки и импеданса первичной обмотки. Типовые зависимости для стали, содержащей 4% кремния (Si), обычно применяемой в высококачественных трансформаторах, приведены на рис.17. Самая существенная информация, полученная от этих кривых, заключается в том, что искажения могут быть очень велики даже при малых значениях индукции, если сопротивление источника сигнала соизмеримо с импедансом первичной обмотки. Выше я показал, что трансформатор с индуктивностью обмотки 10 Гн будет иметь частоту среза 50 Гц при работе двух ламп EL34 с нагрузкой 3,4 кОм. Интересно посмотреть, каковы будут искажения. На частоте 50 Гц индуктивность 10 Гн имеет величину импеданса 3,14 кОм, примерно равную эквивалентному сопротивлению генератора при работе двух ламп EL34 в двухтакте. Следовательно, смотрим кривую $\omega L=R$. Индукция в магнитопроводе при мощности 20 Вт может быть рассчитана в соответствии с приложением и составит примерно 1Тл, (10000 Гс). Для кривой $\omega L=R$ такая величина индукции даже не рассматривается, максимальное значение равно 0,35 Тл и при этом искажения достига-

ют 12% и в дальнейшем резко увеличиваются. Второй ранее рассмотренный вариант обладал индуктивностью 50 Гн, обеспечивая частоту среза 10 Гц. Такой трансформатор, как было подсчитано выше, будет иметь 2400 витков в первичке. Увеличенное число витков снижает индукцию при полной мощности (20Вт) до 0,45 Гн, а проницаемость магнитопровода при этом примерно равна 3200. В результате индуктивность первичной обмотки увеличится до 110Гн, а отношение $R / \omega L$ – до 11,5 на частоте 50Гц. В этом случае искажения на первичке превысят 1,7% при полной мощности, что вполне допустимо.

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА

Эти цифры ясно показывают, что при разработке усилителя высокого качества диапазон частот должен быть расширен в область НЧ значительно дальше нижней частоты в спектре входного сигнала, чтобы не допустить катастрофического возрастания искажений. В нашем, в общем-то типичном, примере частота среза составляет всего 10 Гц для достижения приемлемого уровня искажений в 2% на 50 Гц. Снижение индукции в магнитопроводе благоприятно с точки зрения снижения искажений, незначительное снижение V с этой целью обманчиво. Обеспечив значение V менее 0,5Тл на полной мощности, мало чего можно достигнуть дальнейшим его снижением – следует помнить, что при этом уменьшается m , соответственно и индуктивность первички L_p , а значит и отношение $\omega L / R$. Поэтому при сильном уменьшении V не наблюдается резкого снижения коэффициента искажений. Ни один из маг-

нитных материалов, имеющихся на сегодняшний день, не дает существенно улучшения в рассматриваемом вопросе.

Рис. 17 показывает еще один путь уменьшения искажения – снижение эффективного сопротивления источника сигнала. Первое, о чем задумываешься – тетроды и пентоды в этом отношении гораздо хуже триодов. Однако, дальнейшие рассуждения покажут, что это не совсем так. Две EL34 в двухтакте в пентодном режиме обладают эквивалентным сопротивлением 30 кОм, а в триодном – всего лишь 6 кОм. Следует, однако, помнить, что эффективное сопротивление источника определяется параллельным соединением внутреннего эквивалентного сопротивления лампы и нагрузки, приведенной к анодам.

При включении пентодами две EL34 требуют сопротивления анодной нагрузки 3,4 кОм, соответственно, эффективное сопротивление генератора составит около 3 кОм. В триодном режиме внутреннее сопротивление ламп падает до 6 кОм, а требуемое сопротивление нагрузки возрастает до 10 кОм (в лучшем случае). В результате эффективное сопротивление генератора равно примерно 3,7 кОм. В этом аспекте данные лампы в триодном включении хуже, чем в пентодном.

Ультралинейный режим работы пентода или тетрода обеспечивает существенное снижение эффективного сопротивления генератора, что является еще одним аргументом за использование этих ламп по прямому назначению. Отрицательная обратная связь, либо охватывающая весь усилитель (как способ снижения искажений), либо с анодов выходных ламп на катоды предыдущих (как способ снижения внутреннего сопротивления), имеет огромные преимущества и, по сути, является единственным средством снижения гармоник ниже 0,1% при полной выходной мощности.

См. Приложение на стр. 53

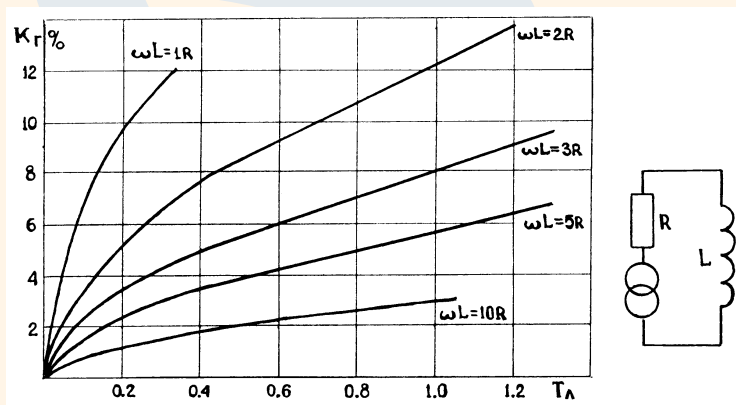


Рис. 17. Зависимость третьей гармоники напряжения на первичной обмотке от величины индукции B при различных величинах отношения $\omega L/R$.

Рик Берглунд, 39 лет. Профессиональный химик (ученая степень – MS, вроде нашего к.т.н.). Занимается исследованиями в аналитической химии и разработкой индустриальной электроники в химической промышленности. Сейчас он поглощен конструированием и изготовлением ламповых усилителей.

ПРОСТАЯ И БЫСТРАЯ ПРОВЕРКА ВЫХОДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Glass Audio 1/95.
Rickard Berglund.

Как можно оценить качество выходного трансформатора? Ведь он – сердце лампового усилителя, и вы никогда не построите хорошо звучащий аппарат с плохим выходным трансформатором. Чтобы исследовать его, вам потребуется следующее: звуковой генератор, усилитель

ИНДУКТИВНОСТЬ

При той же схеме установите частоту 25 Гц. Не касайтесь выводов первичной обмотки, это опасно! Увеличивайте напряжение с усилителя, пока не добьетесь показаний амперметра в 0,3 А. На вольтметре должно быть при-

таты у Fisher, который рано влетает в насыщение. На 4 V трансформатор Luxman MQ-80 имеет наименьшее значение тока – 23 mA и, соответственно, самую большую индуктивность. Однако, это не лучший среди всех, так как зависимость опять-таки нелинейна. Трансформаторы Copland, Dynaco MkIII, Luxman MQ-80 очень линейны и дают наименьшие искажения по басу среди тех, что были у меня на руках.

Табл. 1 - ЕМКОСТЬ ВЫХОДНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ	СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБМОТКИ			
	2 кОм	3 кОм	5 кОм	8 кОм
	30 W	0,16	0,24	0,4
60 W	0,22	0,33	0,55	0,88
120 W	0,32	0,48	0,8	—

Емкость в мкФ измерена на 8-омном выходе

мощности, способный развить напряжение 35V RMS (непонятно, правда, в какой нагрузке – Ред.) и отдать ток в 1 А. Еще нужны вольтметр и амперметр переменного тока с диапазоном частот измеряемых значений 25 Гц – 5 кГц.

ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТЕЙ

Сначала меряем емкость трансформатора, приведенную ко вторичной обмотке, что очень важно для его Slew rate (скорости нарастания, V/S). Чем меньше емкость, тем выше SR. Соберите схему по рис. 1. Я предпочитаю измерять на выводе 8 Ом, так как он есть в любом трансформаторе, и потом эти значения удобно сравнивать между собой у других трансформаторов. Установите на генераторе частоту 5 кГц и напряжение на выходе усилителя 10 V. Отметьте значение тока. Емкость равна $3,18 \times I$ (ток в амперах, емкость в микрофарадах). В табл. 1 указаны типичные значения емкостей для хороших трансформаторов.

мерно 15 V для 25 W трансa, 20 V для 50 и 27 V для 100 W.

Чтобы сравнить искажения по басу для различных трансформаторов, измерьте ток на уровнях 4, 8, 12, 16 и 20 V. Постройте график зависимости тока от напряжения (помните, частота 25 Гц!). Трансформатор с наименьшим значением тока и прямолинейной зависимостью обладает наименьшими искажениями в НЧ диапазоне. Трансформатор с высоким значением индуктивности не обязательно должен иметь меньшие искажения против трансa с меньшей индуктивностью.

У высокоиндуктивного может оказаться очень нелинейной зависимость тока от напряжения. Одновременно низкоиндуктивный будет как раз линейнее, т. к., возможно, имеет воздушный зазор в сердечнике, оказывающий линеаризующее действие.

Я провел серию измерений для некоторых трансформаторов, только частоту взял не 25 Гц, а 20 Гц. Данные сведены в табл. 2. Худшие резуль-

ИНДУКТИВНОСТЬ РАССЕЙАНИЯ И ОБМОТКИ

Индуктивность рассеяния, кроме потерь, создает фазовый сдвиг на высоких частотах. Это может вызвать проблемы с устойчивостью в усилителях с обратной связью. Верхняя частота усилителя находится в прямой зависимости от емкости выходного трансформатора, его индуктивности рассеяния и выходного сопротивления применяемых ламп. А потери в меди начинают греть трансформатор, вместо того что-

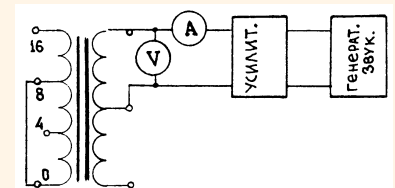


Рис. 2. Схема измерения токов I_{50} и I_5 .

бы уйти в виде полезного сигнала в громкоговоритель.

Соберите схему по рис. 2. Частота генератора 50 Гц и напряжение 10 V. Измеренный ток обозначим I_{50} . Затем установите частоту 5 кГц. Теперь это

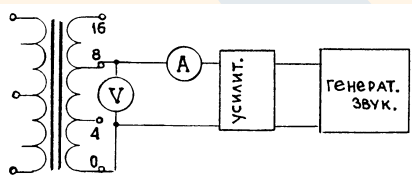


Рис. 1. Включение трансформатора и приборов для измерения емкости и индуктивности.

Табл.2 - ВЫХОДНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

НАПРЯЖЕНИЕ	УСИЛИТЕЛЬ					
	COPLAND DYNACO ST70 DYNACO MKIII LUXMAN MQ-360 LUXMAN MQ-80 FISHER X100A					
	4 V	120	40	75	23	140
8 V	200	80	140	55	290	850
12 V	280	230	210	525	480	2700
16 V	390	1000	310	2100	750	—

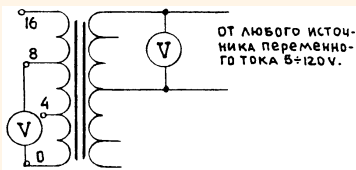


Рис. 3 Измерение коэффициента трансформации.

будет J_5 . Выполните то же самое со второй половиной первичной обмотки.

Измерение коэффициента передачи по напряжению проводится по рис. 3. Он равен отношению напряжений на первичной к вторичной. Сопротивление обмоток равно $10 / I_{50} n^2$ (Ом). Индуктивность рассеяния рассчитана по формуле:

$$L_s = 32 \times \sqrt{\left(\frac{10}{I_{50} \cdot n^2}\right)^2 - \left(\frac{10}{I_5 \cdot n^2}\right)^2} \text{ (мкГн)}$$

У приличного трансформатора сопротивление, приведенное ко вторичной обмотке, будет 1 Ом (меньше – лучше!) и индуктивность порядка 30 мкГн. Для получения наименьших искажений обе половинки должны иметь одинаковые значения сопротивлений и индуктивностей.

Как пример – выходной трансформатор Dупасо Stereo 70 : $n = 12,3$; $I_{50} = 0,0536 \text{ A}$; $I_5 = 0,041 \text{ A}$ – для одной половинки первичной обмотки и $I_{50} = 0,0574 \text{ A}$; $I_5 = 0,0444 \text{ A}$ для другой. Значения индуктивности и сопротивления: 1,23 Ом и 33 мкГн для одной половинки и 1,15 Ом и 30 мкГн – для второй.

Если ваш трансформатор имеет катудную обмотку ОС, вы должны также померить ее относительно вторичной. Отношение токов I_5 / I_{50} должно быть меньше, чем 1,5.

NB. Следует помнить, что приведение ко вторичке или к первичной обмотке делается путем умножения/деления на квадрат коэффициента трансформации. В этом случае индуктивность рассеяния будет 30 мкГн $\times n^2 = 4,54 \text{ мГн}$ (для одной половинки!). Общая индуктивность рассеяния будет равна (при равенстве значений у половин) 9,08 мГн. Если коэффициент качества трансформатора равен 15×10^3 , то индуктивность первичной обмотки будет примерно равна 135 Гн. На самом же деле, коэффициент качества трансформатора вычисляется как отношение индуктивности первичной обмотки (полной!) к индуктивности рассеяния, а не наоборот, как это сделали мы. – Ред.

ЧЬЯ ЛАМПА? ЗАКОННЫЙ ВОПРОС

При знакомстве с аппаратом слева возникает правомерный вопрос – кто делал? То есть при известности фирменного значка, скажем Audio Research, Stax, Nakamichi, важно знать, где был построен аппарат. И дальше должны последовать соответствующие оргвыводы. С нашими лампами на Западе происходит то же самое: надпись Made in Russia уже для них малоинформативна, важно знать, на каком из заводов данная лампочка была произведена и... тоже сделать свои оргвыводы. Оказалось, что для отечественных самодельщиков этот вопрос также представляет интерес. С этой целью воспроизводим фирменные знаки наиболее известных производителей ламп в бывшем СССР и современной России.

Не приведены знаки Московского электролампового завода (МЭЛЗ – похож на знак метро в кружочке), предприятия в г. Виннице и вовсе раритетного – завода г. Орджоникидзе. Значки Sovtek и Svetlana Electron Devices, во-первых, и без нашего участия известны, во-вторых, эти фирмы производителями не являются, а только продают лампы под своим знаком. Какнибудть мы ознакомим читателя с номенклатурой каждого из заводов.



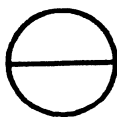
г. Новосибирск. Пятигранник – старый, «реторта» – новый.



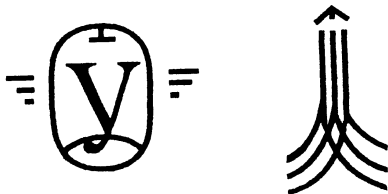
г. Львів. завод «Полярон».



«Светлана». Оба завода – в Санкт-Петербурге и в Малой Вишере (Новгородская область) – ставят одно клеймо.



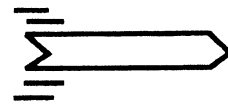
г. Орел. В простонародье – «Курпич».



г. Ульяновск. В году 1975 отказались от столь известной каждому советскому человеку буквы У и перешли на с трудом узнаваемый, перевернутый У (игрек).



г. Рязань. Дураку понятно, что это не Philips, хотя буква Р одна и та же!



г. Калуга. Сразу видно, что это мирное предприятие.



По статистике, опубликованной в Vacuum Tube Valley, объем продаж ламповой техники (бытовой) возрос в 3 (!) раза в сравнении с 1993 г. (данные на середину 97-го). Причем, доля однотактных в объеме продаж составляет около 17%. Либо у остального мира, вне России, вкусы иные, либо только здесь люди безапелляционно считают, что звук можно получить только применяя SE. Однако, если дело и дальше так пойдет, транзисторным фирмам придется туго. В любом случае, им необходимо срочно вкладываться в разработку транзисторов нового поколения.



г. Саратов, завод «Рефлектор». Слева старый знак, справа – новый.

(Про то, как А. Белканов пытался задать вопросы А. Девиченскому и что из этого Вышло)



А.Д. – Наша фирма в 1994-1997 г. выпускает две разновидности усилителей мощности: М-3 – схемотехника «PPP» (Push-Pull-Parallel)- [первые публикации появились в журнале Funkschau 1957г]. В этой схемотехнике были выпущены 2 комплекта – М-1 (в серию не запущены) в 1993 г. За период с 1994 г. по 1997 г. были проведены очень серьезные работы по модернизации изделия М-3, улучшению качества звука, технологии сборки, освоены целые серии выходных и силовых трансформаторов. На этой основе была запущена новая модель с открытым расположением ламп М-5 (август 1996 г.) и подготовлена новая модель однотактного усилителя мощности М-7 с использованием катодного повторителя в выходном каскаде (октябрь 1996г.). «PPP» – это классика, но в той идеологии схемотехники (на 57 г.) «PPP» никогда не могла себя раскрыть, а самое главное, что существует предел по звуку (улучшение качества звучания) схемотехнически, но не в элементной базе (например, К78-2 на «Multi-Cap»). На 10-ом комплекте М-5 (апрель 1997 г.) наступил схемотехнический предел. После этого фирма перешла на серийный выпуск – М-7. В этой схеме всего 2 каскада, усилитель SRPP – на лампе 6Ф12П и выходной повторитель на лампах EL-34 или 6550-е или 300В, динамическая нагрузка выполнена на EL-34 или 6550-е. Схемные приоритеты – выходной каскад на катодном повторителе.

А.Б. – Существует ли особый подход к блоку питания для конкретной схемы? Или ты поступаешь по принципу: джоулями звука не испортишь. Как на счет отказа от применения электролитов?

А.Д. – К блоку питания (БП) самое пристальное внимание: 80% звука заложено в грамотном конструировании всего этого узла, включая конструкцию. На звук влияет каждый элемент, а ведь БП занимает до 70% объема корпуса. К наращиванию «джоулей» относиться положительно, но тут вступают чисто экономические, конструктивные и надежность особенности. Отказ от электролитов – тут должен быть разумный подход – габариты – экономика – звук. У нашей фирмы все это еще впереди.

А.Б. – Какой элемент, узел, принцип в схеме, принятой тобою, более всех отвечает за звучание (правильность звучания)? О секретах не спрашиваю.

А.Д. – Главные элементы, отвечающие за звучание (правильность звучания):
– схема (принцип) построения выходного каскада,
– блок питания,
и еще, что бы я хотел отметить, как это ни звучит необычно – наши усилители имеют душу.

А.Б. – Вот элемент приходится применять фирменные. Оттого, что они доступнее (часто и по цене, а главное – по возможности их найти)? Лампы же – российские. Это оттого, что они лучше? А если б предложили Siemens, Telefunken, GEC, Mullard, WE, отказался бы? Чьи лампы из буржуйских ты ценишь выше всех, хотя бы чисто умозрительно?

Вдушные летние дни, когда деловая активность упала ниже нулевой отметки, по аудиофильской общности Питера стали распознаться липкие нечистые слухи: мол, нету больше фирмы Past Audio, что де набрали они заказов на миллион \$ – и были таковы. В одном жутко авторитетном журнале был опубликован вопль обманутого заказчика. Мол, так и так, а денежки – тью-тью. Сам читал, лопни мои глаза! Особого значения не придавал, мало ли что в прессе пишут...

Осень на дворе, по телефону объявился А. Девиченский, пригласил меня к себе. Разговорились, слово за слово, ну... и так далее. В конце истории – все живы и, Past Audio, словно феникс из пепла (правда, красивое сравнение?), продолжает свое неумолчное жужжание на аудиофильских цветах и, как прежде, собирает мед High End'a. В беседе нашей Анатолий был мало сказать – краток, нет! Он был лапидарен! Причем от первого вопроса до последнего бокала. Его дипломатичности завидует (ей-ей) весь персонал департамента внешних сношений, что на Смоленской площади в Москве. А если и прорывались нотки обиды все на ту же Москву, так об этом тебе, читатель, я ни за что не расскажу. Что же было темой нашей приватной беседы, происходившей в цитадели Past Audio, среди приборов, досок с показателями успехов и стендов с готовой продукцией? Пожалуйста, у нас секретов от людей нет:

А.Б. – Живем в России, говорим по-русски. Как, откуда взялось англоязычное название?

А.Д. – Past с английского означает прошлое, то есть вроде как retro. В соединении с Audio выходит, что это подзабытый ламповый звук.

А.Б. – У каждой фирмы есть кредо или девиз. В Past Audio они существуют? Какие смыслы закладывались бы в эту понятия?

А.Д. – Все смыслы имеют один смысл: Приказано выжить!

А.Б. – Ясно, что изобрести новую схему нынче почти невозможно. Остается использовать «классику». Из каких соображений ты берешь схему и учишь ее «летать»? Есть ли какие-то особые схемные приоритеты?



А.Д. – Комплектующие элементы для повышения надежности – импортные (т.к. предстоит достаточно серьезная работа по сертификации в Швеции – западные КЭ сертифицированы, с российскими – проблемы: нет сертификации). Фирма делает серийные изделия на российских лампах. Для экспорта – на западных, например, «Mullard», WE. От западных не отказываемся в исследовательских целях.

А.Б. – Чем руководствуешься при выборе типа лампы? По формальным анодным характеристикам, либо оцениваешь конструкцию (геометрию, жесткость выводов, размер анода)? Понятно, что выбор падет на ту, что лучше других себя проявит в звуке, а вот изначально из чего ты исходишь?

А.Д. – Выбор ламп – по звуку. Например, №1 – EL-34 «Рефлектор» и №2 – EL-34 «Светлана» или №1 – 300B «Светлана» и №2 – 300B «Рефлектор».

А.Б. – Как происходит оценка звучания прототипа схемы? Что такого особенного она должна воспроизвести, чтобы понравиться тебе?

А.Д. – Даже макет новой схемы должен звучать лучше серийно выпускаемой модели. Макет по конструкции очень приближен к серийному изделию (М-3 – М-5 – М-7). Лучше звучать – это очень емкие слова. Так было при прослушивании макета М-7 с серийным изделием М-5 (сентябрь 1996 г.), М-7 явно переигрывал по всем субъективным параметрам.

А.Б. – В среде аудиофильствующей общественности не угадают споры на предмет того, какой сердечник для выходного трансформатора лучше – ленточный или шихтованный, из пластин. При том, что и сама конструкция спорна – стрелневая или броневая. Может быть ты предпочитаешь торoidalный?

А.Д. – У нас применяются трансформаторы на шихтованном Ш-образном сердечнике (силовые и выходные). Тут вступили главные факторы – сертификация по технике безопасности, экономические (на фирме освоены намотка и пропитка трансформаторов). Главное, на звук влияет конструкция и секционирование обмоток.

А.Б. – Нужна ли ОС? Или, по-твоему, она все-таки губит звук? И каким образом она это делает? А то ведь некоторые даже положительную связь заводят и ничего, сходит с рук...

А.Д. – К общей петле ООС отношусь сдержанно, все зависит от конкретной схемы. В наших моделях М-3, М-5, М-7 и даже в будущей бестрансформаторной однотактной модели усилителя мощности М-9 нет общей петли ООС.

А.Б. – Понятное дело, что из соображений этики ты не станешь давать оценку российским производителям. Тогда кто из западных близок тебе по духу?

А.Д. – Тут надо различать – по: конструкции, дизайну, схемотехнике. Мне трудно ответить на этот вопрос.

А.Б. – Если бы позволительно было удивить мир и тебе представили такую возможность, чем бы ты его «убил»?

А.Д. – «Убил» – нет, удивил – да.

Все изделия выполнены в едином дизайнерском стиле и конструктивном оформлении.

– усилители мощности

М-7 (SE)+блок питания

М-9 (OTL)+блок ТВЗ;

– ламповый кроссовер – ЕС-1 (2-х или 3-х полосные) с открытым расположением ламп;

– DAC с ламповым выходом и открытым расположением ламп – DAC-1;

– ламповый предварительный усилитель с открытым расположением ламп С-9;

– сетевой фильтр SF-1.

А.Б. – Когда разбогатеешь, во что деньги вложишь? Я не про авто или там квартиру, это само собой. Может быть, ты фундаментальными исследованиями займешься или производство ламп наладишь? Лестно ведь, если лампа станет называться AD-1, хотя такой триод уже был.

А.Д. – Купил бы себе хорошую измерительную лабораторию на новейших контрольно-измерительных приборах западных фирм. Производство ламп? Рано еще говорить об этом.

А.Б. – На кого ты прежде всего ориентируешь свои изделия? Может, тебе все равно, лишь бы человек хороший попался, или пусть буржуям все достанется? Стараешься ли ты создать аппарат как можно дешевле?

А.Д. – Наши изделия рассчитаны прежде всего на людей, которые очень увлечены музыкой, это видно по звонкам на фирму. Мы стараемся не делать дорогие аппараты, поэтому очень осторожно вводим дорогую импортную комплектацию. Главное – фактор надежности (электролитические конденсаторы производства Японии).

А.Б. – Приглашаешь ли для консультаций специалистов со стороны, либо сам от входа до выхода сочинишь схему?

А.Д. – Специалистов со стороны не приглашаем, т.к. у нас печальный опыт «совместного сочинения» схемы; каждый разработчик – личность, поэтому даже на одну и ту же проблему существуют самые противоположные взгляды, уступаешь, начинается спор – кто главный конструктор: тот, кто рассчитал схему усиления, или тот, кто разработал выходной трансформатор, а, может, тот, кто рассчитал и сделал конструкцию силового трансформатора или кто разработал конструкцию усилителя и блок питания... и т.д. На звук влияет все, у главного конструктора должно быть продумано все, начиная от схемы ... до самого мелкого винта в дизайнерском решении модели, а это возникает не сразу и не вдруг, а приходит с постоянным осмысливанием всего, поэтому мы говорим о душе усилителя.

А.Б. – Ты человек «выставочный», я имею в виду, с большим опытом участия во всевозможных звуковых выставках-ярмарках. Это делается с целью рекламы, либо с каким-то еще глубоким умыслом?

А.Д. – Участие в выставках – общение с покупателями, оно чрезвычайно важно для разработчика и для фирмы.

А.Б. – Хочется ли стать монополистом? Ну, скажем, признанным лидером отрасли, чтобы покупали, в основном, у тебя?

А.Д. – Монополистом – нет.

А.Б. – Ясно, что лампы этот век переживут, а 21-й век переживут? Твой прогноз. Это вместо оригинального: «Ваши планы?», выжить бы...

А.Д. – Лампы переживут 21-й век.

Планы – выпускать в едином дизайнерском стиле (см.п.12), но с разными решениями корпусного оформления.

Теперь, читатель, ты знаешь все, или почти все о тайных намерениях и явных деяниях известной ламповой фирмы Past Audio. Если что-то осталось за бортом понимания, нужно без стеснения обращаться к дилерам Past Audio:

«Панорама» (095) 9211643, 9245381

«Империя звука» (812)1836000

GEORGE OHM ЖИВЕТ В ХАРЬКОВЕ

Если кто-либо осмелится представить г. Харьков этакой дырой (СНГ ли, или Украины), смело возражайте ему и спросите этого несносного господина про здоровье Georg'a Ohm'a. О нем в самой столице знают!

Компания George Ohm, в отличие от большинства производителей на территории нашей Родины, делает усилительную технику для сцены. В последние пару лет Юрий Малышев увлекся домашним audio. Про его усилитель -Fast Imagination A. Белканов писал в журнале «С.А.В.». Воды с тех пор утекло много, много чего изменилось и в подходе к звукоусилению на фирме George Ohm. Малышев прислал к нам в редакцию целый трактат, где без утайки расписано, что они там у себя делают и как. Хоть бери и по этой документации филиал в Питере открывай.

Напечатать все – нет решительно никакой возможности. Поэтому мы решили ознакомить читателя со схемотехникой (благо, она едина и для профессионального применения, и для быта) и с подходом в конструировании выходных трансформаторов. Ну кто, скажите на милость, и когда еще поделится такими секретами?

На Рис. приведена схема МХ-430. Эта машина отдает чистых 2х200 Вт (при работе обоих каналов одновременно). Силовой трансформатор – 1300 Вт, удельная энергоемкость фильтра – 0,19 Дж/Вт выходной мощности. В усилителе применяется неглубокая ОС (4 или 12 дБ), хотя он способен работать и с отключенной обратной связью.

В выходном каскаде чаще всего применяются лучевые тетроды 6П41С (для варианта 200 Вт – 3 шт. в плече, для 500 Вт – 7 шт. в плече). Такой огород, конечно, требует тщательного отбора ламп и регулировки при сборке и настройке. Усилитель очень молчалив – уровень шума – 100 дБ при чувствительности 0,775 В (0 дБ). Искажения при выходной мощности 100 Вт не превышают 2% (в полосе 30 Гц – 20 кГц) при естественном снижении на малых уровнях. Вес аппарата не превышает 21-22 кг. Такова формальная сторона дела. «Транзисторных» людей подобными параметрами не удивить; одновременно с тем, они лишены, быть может, главной радости при строительстве усилителей мощности – намотки выходных трансформаторов. О них и об их свойствах в трактате идет речь.

В любых моделях, начиная с бытовых по 25 – 45 Вт в канале, кончая «монстрами» с 2х500 Вт, применяется железо ПЛ (лента толщиной 0,3 мм). Для маломощных усилителей – трансформатор стержневой конструкции, для старших братьев – броневой, см. Рис. 1. Для всех трансформаторов характерна особая конструкция вторички – со средней точкой, см. Рис. 2. Измерения показывают, что даже при минимальной ОС = 4 дБ, частотный диапазон расширяется вплоть до

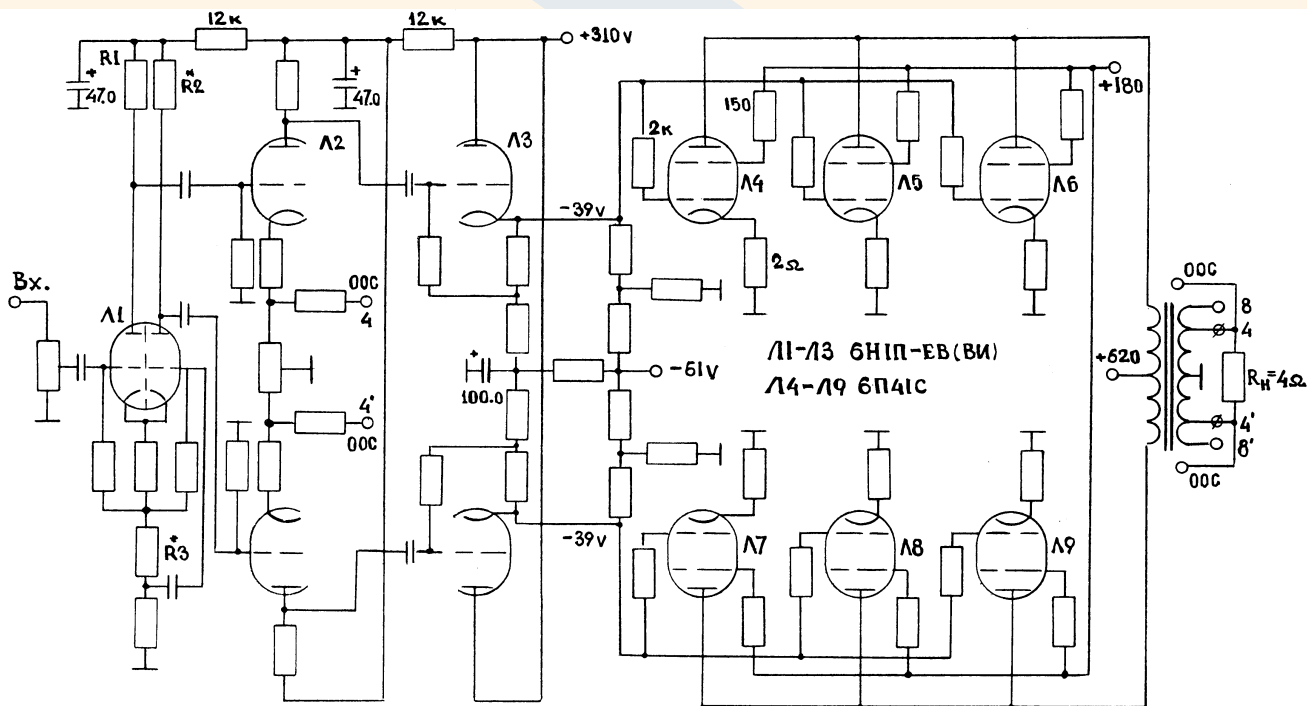
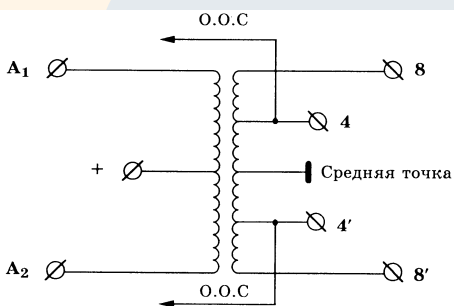


Схема PP усилителя МХ-430. Указаны величины тех элементов, что были даны в оригинальном материале.

120 – 130 кГц (хотя, как заметил мой приятель Д. Иордан, «это же не генератор. К чему тратить убийственные усилия на то, что к звуку никакого отношения не имеет?»). Как знать, как знать... Обратная связь симметрично включена в катодную цепь второго каскада (в каждое плечо). Никаких ускоряющих цепочек в ОС на схеме не указано, быть может, при таком построении выходного трансформатора в них нет необходимости. Чтобы ничего не упустить, приводим три таблицы данных на три типа трансформаторов. Сами изучайте и секреты мотайте на ус. Если и есть непонятные места, то мы в том не виноваты, таблицы приведены без купюр. Справка: каждый из рассмотренных типов трансформаторов изготавливается профессиональным намотчиком в течение 6–8 часов при автоматической подаче провода. Укладка и натяжение осуществляются вручную. До 70% времени, затраченного на полное изготовление трансформатора, уходит на укладку изоляции, обработку выводов, сборку пакета. Так что, господа самодельщики, делайте свои выводы. А наш совет будет таков: если Вы еще не чувствуете полной уверенности при расчете и изготовлении такой капризной штуки, как трансформатор, не рискуйте. Прислушайтесь к своему внутреннему голосу, чтобы не случилось, как в том анекдоте: «обращайтесь к профессионалам». С электричеством шутки плохи, тем более – со звуковым.

До Ю. Малышева можно дозвониться по телефону: (0572)52-94-31 (лучше вечером, после 22:00).

Упрощенная схема выходных трансформаторов (№ 9 В, 1-Б, 2Х)

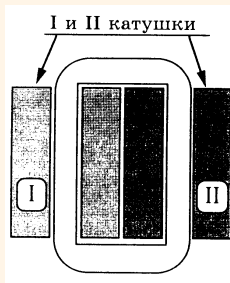


Нагрузка 4 Ом подключается к клеммам 4-4'. Нагрузка 8 Ом подключается к клеммам 8-8'. О.О.С. подключена к выводам 4-4'.

Рис. 2.

Трансформатор МХ430 (№9 В)

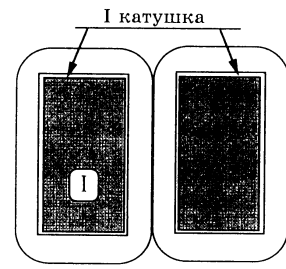
Магнитопровод ПЛ204080,
толщина пластины – 0,3 мм



Магнитопровод
ПЛ204080
 $S_M = 2,0 \times 4,0 = 8 \text{ см}^2$

Трансформатор МХ1000 (№1-Б и 2Х)

Магнитопровод ПЛ204080x2 (спаренный),
толщина пластины – 0,3 мм



Магнитопровод
ПЛ204080 (спарка)
(получается магнитопровод типа ША)
 $S_M = 16 \text{ см}^2$

Рис. 1. Вид стержневого и броневое (спарка – по Малышеву) типов сердечников

Данные трансформаторов:

1. МХ 430 (№9 В)

I	Первичная	3150 витков	диам. 0,355 (0,4) мм	175 витков в слое
II	Вторичная 1/2 4 Ом	67 витков (8 слоев)	диам. 0,47 (0,52) мм	в 2 провода
III	Домотка 1/2 8 Ом	29 витков	диам. 0,355 (0,4) мм	в 4 провода

8-омная домотка мотается последней, ничего в этом страшного нет, т. к. основную мощностную и информационную нагрузку несет 4-омная обмотка.

2. МХ 1000 1-Б

I	Первичная	1896 витков	98 витков+98 витков диам. 0,63 (0,7) мм 1700 витков диам. 0,355 (0,4) мм обмотки параллельные	170 витков в слое
II	Вторичная 1/2 4 Ом	67 витков (12 слоев)	диам. 0,95 (1,04) мм	
III	Домотка 1/2 8 Ом	27 витков	диам. 1,18 (1,27) мм	в 2 провода

$R_{\text{акт. 4 Ом обмотки}} = (67 \text{ витков} \cdot 2 \cdot 0,25 \text{ м} \cdot 0,0242 \text{ Ом/м}) / 6 = 0,135 \text{ Ом}$
0,25 м - средняя длина витка.

$S_{\text{сечения вторичной обмотки}} = 0,7238 \cdot 6 = 4,34 \text{ мм}^2$; эквивалент диаметра 2,35 мм

Вес медных проводов 1 выходного трансформатора $\approx 2,5 \text{ кг}$.

3. МХ 1000 2Х

I	Первичная	1460 витков	680 витков диам. 0,355 (0,4) мм обмотки параллельные, разделенные вторичной обмоткой, 780 витков диам. 0,49 (0,54) мм	170 витков в слое 130 витков в слое
II	Вторичная 1/2 4 Ом	53 витков (12 слоев)	диам. 1,25 (1,34) мм	
III	Домотка 1/2 8 Ом	24 витков	диам. 1,3 (1,4) мм	в 2 провода

$R_{\text{акт. 40 Ом обмотки}} = (53 \text{ витка} \cdot 2 \cdot 0,25 \text{ м} \cdot 0,0143 \text{ Ом/м}) / 6 = 0,063 \text{ Ом}$

$S_{\text{сечения вторичной обмотки}} = 1,227 \cdot 6 = 7,362 \text{ мм}^2$;
эквивалент диаметра 3,06 мм

Таблицы моточных данных для трансформаторов указанных типов

ХАЛЯВНЫЙ СЫР БЫВАЕТ ТОЛЬКО В МЫШЕЛОВКЕ

(или заметки о том, что дешевой 300В не бывает)

Стали нас донимать любители невыносимо качественного звука вопросами о том, где приобрести знаменитые триоды 300В. Послать их на завод «Рефлектор» в Саратове, вроде далеко, просто послать – неловко, все-таки свои ребята. Вот мы и посылаем их на радиорынки, что на Маршала Казакова в Питере и на Митинский рынок в Москве.

Робко спрашивают о цене. Отвечаем – 27–37. Чего? Долларов, – отвечаем. Подавив комок замешательства, любитель не отстает и просит подтвердить, что это, наверное, за пару. А как с панельками быть? Теперь приходит наш черед подавлять комок ненависти к собственному раздражению и ласково так наставлять человека, будто сами вчера обедали с Биллом Гейтсом в гостинице Рэдиссон-Славянская. Мол, цена эта за штуку, без панельки и что штука эта довольно кривая во всех смыслах, прямых и переносных. А за прямую нужно выложить вдвое больше. Чтобы поддержать разговор об уже не нужной ему «трехсотке», человек интересуется, отчего ж так дорого?

Хочется остеречь этих наивных молодых ребят. К примеру, наговорить кучу технологической чепухи о том, как трудно было В.А. Шадееву в «Совтеке» одному, без опытных соратников, разрабатывать вновь, по образцу, эту самую знаменитую лампу. Да как она потом внедрялась на заводе в Малой Вишере (под Петербургом, два часа на электричке), да как потом оказалась а Саратове и прочая, и прочая... Все это окажется правдой и, одновременно, неубедительной ерундой. Аттила Балатон, молодой француз, взявший на себя труд написать историю ламповой техники и самих ламп, вышедших до WW2 (Вторая мировая война), побывав на последней площадке AT&T в Канзасе, перед самым закрытием производства, в 1988 г. Повадал об этом миру в A.W.A. Review, Vol. 4, 1989, а в

ноябрьском номере JAES за 1989 г. появилась его статья в сильно кастрированном виде. Так выходит, что дураков редакторов у них тоже хватает, не только у нас им умный вид производить. Несмотря ни на что, статья замечательная, с полным перечнем ламп и их формальными параметрами, вышедших на ф. Western Electric вплоть до появления 300А в 1935. Через год с небольшим ее заменила 300В, вот тут-то все и началось...

Есть фотографии ее поэтапной сборки и достаточно подробное описание материалов, которые ушли на изготовление лампы.*

Чувствуем, что и в этот раз мы неубедительны. Так вот, стоимость лампы обусловлена немалой трудоемкостью ее сборки и оправдана реальным спросом на нее на мировом рынке. А на этом самом рынке еще в 1988 г. за нее давали \$ 180-200. Из-за того, что лампа дефицитная и главным образом, что звучит хорошо. Вывихнутому на звуке американцу отдать за лампу двести долларов – это как потерять и не заметить. Главное – получить предмет вождения!

Когда же после закрытия производства 300В в Штатах китайцы принялись ее делать, американцы стали в позу: во-первых, она хуже, а, во-вторых, она рождена не под небом Америки, а значит должна быть дешевле. И наши трехсотки, слава Богу, тоже дешевле оригинальных, вестерновских. А то, что по нашим домашним понятиям дорого платить около сорока \$, так на это можно ответить только одно: это не цена высокая, это денег мало. И говорим это без тени гнусной ухмылки. Отчего-то молодому человеку решительно подавай 300В. Потому как читал он в красивых околословесных журналах, что, мол, на ней самый лучший звук выходит. Цена аппарата с этой лампой его не смущала, он их и так не собирается покупать. Он решает самостоятельно сделать аппарат не хуже. Правда, паяльник он видел только на картинке, но ради такой экономии средств можно и этому делу обучиться. Если собрался делать, надо



делать по-крупному. Сходу сваять усилитель на самой лучшей лампе – и делу конец. Это вот по-нашему, по-бразильски! Довольно, однако, ехидства. Решили и мы, если не позабавиться, но судьбу испытать. Этакая русская рулетка без летального исхода, но с возможной потерей денег. Купили трехсотки у очень известного и уважаемого человека на нашем петербургском рынке. Где он их берет, под пыткой не выдаст, лазейки знает. Все 4 (четыре) лампы были категорически не похожи друг на друга. Разным было все: размеры баллона, толщина стекла, количество боковых держателей верхней слюды, положение электродной системы внутри баллона. Чем они были похожи, так это кривой посадкой колбы на цоколь. Написано было на них «Made in Russia», кроме того, на паре – «красный такой птичка». Это знак Совтека.

Нет, все кончилось не трагически. Мы их бережно довели до дому, покопдовали с панельками от Г-811, они подходят 1:1, включили. Пока просто так, поглядеть, что из этого выйдет, без всякого звука. На 351-м вольте на аноде три лампы из четырех стали изображать северное сияние. Волшебная игра света! Дотянули до максимума – 450 вольт, пробоев не было. Но это радости от созерцания огня святого Эльма не убавило, появились другие краски; мы сообразили, что началась ионизация стекла. Наконец, одумались и прекратили куражиться. Решили делать усилитель. Чтобы рассчитать выходной транс, невредно знать внутреннее сопротивление лампы, однако, не тут-то было. У всех четырех разброс был почти в два раза. Пришлось сложить, а потом поделить. Вышло аккурат 820 Ом,

* Любителям истории и просто любителям 300В можем выслать копии этой статьи, вложив ее в грядущий № 4. При чем совершенно бескорыстно. – Ред.

стало быть, транс считали на 3,5 кило. По входу стояла рефлекторская же лампа 6922, она же 6Н23П-ЕВ, она же 6ДJ8, она же ... и т.д.

При включении визгу было... Будто мы вместе с Терешковой в космос полетели. Целую неделю считали себя первопроходцами и гордо поглядывали на бабок-пенсионеров. А что звук, спросите вы? Хороший, теплый звук, мутный и жирный.

Прошел год и пошел второй... Добрались мы и до «Светлановских» трехсоток, что делаются для Svetlana Electron Devices в Богом забытой Малой Вишере, что на Новгородщине. Сразу отметили разницу. Из-за большей толщины стекла баллона лампа оказалась изрядно тяжелее. Пружины, натягивающие нить накала, были консольными, более принятыми в американской школе разработки. У нас в большинстве случаев применяются спиральные пружины, что по теории более правильно, хотя и дороже. Штамп для изготовления анода, очевидно, сделан более тщательно, оттого и внешний вид анода более привлекателен. К тому же половинки анода совмещены безукоризненно. И нить накала, и сетка утоплены глубоко в анод, очевидно для того, чтобы исключить краевые эффекты и быстрое старение катода на краях (если часть нити накала, близкая к точке закрепления, не прикрыта сеткой, преждевременное испарение оксида и самого вольфрама гарантировано). Может быть, самое важное отличие – нить маловишерской трехсотки не круглая, а прямоугольная. Это несколько по-

вышает эмиссию и увеличивает анодный ток при одинаковых смещениях на сетке. Хотя, тот же В.А. Шадеев имеет мнение, что как раз некруглое сечение может стать причиной уменьшения ресурса лампы (у WE- сечение нити накала прямоугольное, у Vaic Valve – лента!

Нами куплено было 5 ламп (одна про запас). Все они показали разброс параметров не более 5%, очень хорошо для ламп! Внутреннее сопротивление их было в среднем 750-780 Ом. На звуке же приключилась драма, к чему мы были внутренне готовы: звучание более ясное, устойчивое в пространстве. Возможно, от этого общего восприятия было на стороне маловишерских трехсоток. Кстати, положение электродной системы у них более твердое, без такого длительного звона после возбуждения щелчком, как у саратовских. Итог:

1. Заметки эти никакой экспертизой не являются, хотя бы в части оценки ламп от разных производителей. Это лишь частное мнение независимого журнала. Очень возможно, что наши благоприобретенные от «Рефлектора», вообще были отбракованы и проданы, как годные. Во всяком случае денег с нас взяли, как в Штатах, по розничной стоимости, заявленной в ж. Glass Audio одной известной дистрибьютерской фирмой (кто в Штаты саратовские лампы возит, это и дураку известно).

2. Уместно еще и еще раз сказать о необходимой практике иметь на заводе возможность собственной оценки звуча-

ния, дабы вовремя сделать выводы и провести изменения. Только, господа производители ламп, не ждите советов на уровне факультатива – этим следует заниматься гораздо серьезнее, чем вы полагаете (см. «Новости про S.E.D.» и «Какая лампа нам нужна? Часть I и II).

3. Теперь о ценах. Наши производители даже ухом не ведут в сторону российского покупателя, мол, его и нет вовсе. Когда же он появляется, то ему выставляется ценник, как в Штатах, порой и выше. Делается это чуть ли не со злорадством, вот тебе! При таких условиях продажи они будут вынуждены всегда испытывать задержки выплат из-за границы и быть под диктатом цен от крупного дистрибьютера. Вот вопиющие примеры:

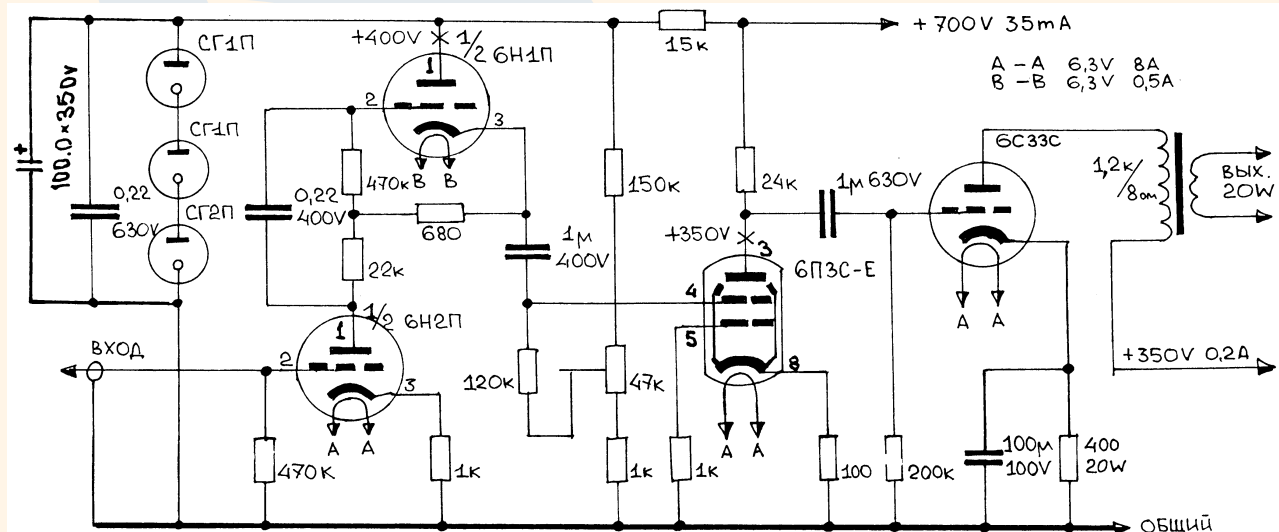
Заявленная цена на 6С33С-В (Ульяновск) – \$ 100 (это дома), а по ценнику Sovtek – \$ 34,90 (хотя и подорожала на \$ 8, это за океаном), 6П14П-ЕР – \$ 5,1 (Саратов), а тот же Sovtek в Штатах – \$ 7,50. Когда соберетесь покупать с завода, вам начнут молотить чепуху про НДС, что в результате сделает лампу еще дороже. У нас что, снова свои собственные законы ценообразования, Бэрримор?

Настоящий звук на халяву, это как противоестественно, равно, как здоровенному лбу из 11-го класса требовать пенсионного обеспечения. Так что придется много работать, чтобы в итоге удовольствие знало истинную цену.

А.Б. и А.Д.

SE на 6С33С.

Всем хорошо известна российская лампа 6С33С, обладающая уймой положительных качеств: большой мощностью анода, высокой линейностью характеристик, низким внутренним сопротивлением, что резко снижает требования к выходному трансформатору, и надежностью конструкции. Увы, но и в этой «бочке с медом» есть своя «ложка дегтя» – это значительная величина требуемого напряжения возбуждения на сетке, достигающая 200В (р-р). Логичный выход из ситуации – использование для питания драйвера отдельного маломощного высоковольтного источника – нашел свое отражение в этой схеме. Д. Андронников



EL-34

Пентод из семейства электровакуумных приборов, предназначенных специально для звукоусиления (наряду с 6L6/КТ66, 6550/КТ88, EL84/6ВQ5 и, конечно же, 300В).

Разработан на Philips в начале 50-х. Из европейских производителей лампы с таким названием делали все, быть может, кроме британских GEC, M.O.V., Brimar и Mullard. Эти любые лучевые тетроды называли KinklessTetrode (тетрод с отсутствием излома, т.е. без динаatronного эффекта). Поначалу EL34, будучи от рождения пентодом, отчего-то стала называться ими КТ77. Правда, позднее ошибка была исправлена. Убедившись в популярности европейской лампы и нужности ее в усилителях, американцы (GE и TungSol), спустя некоторое время также выпустили свой аналог – 6CA7. У той анод был лишен характерного скругления и внешне был похож на анод прямоугольной формы 6550. Возможно, сказала американская школа. Английская фирма Mazda выпустила EL60 – электрическую копию EL34, но неудачный цоколь (9 штырей) обрек лампу на скорое вымирание.

EL34, как известно, – пентод, а вот на «Светлане» в начале 60-х умудрились разработать полноценный лучевой тетрод 6П27С с характеристиками, полностью соответствующими оригинальной «тридцатьчетверке»! Форма анода была похожа на 6CA7, баллон от 6П3С. Поверхность анода была цирконирована*, сетки позолочены. Уже тогда отказались от ножки для выводов на цоколь и применили мощные сквозные траверзы из толстого никелевого прутка диаметром 1.5 мм.

В общем, была 6П27С лампой и в пир, и в мир, и в добрые люди. Жаль, что выпустили только установочную партию в 5 тыс. штук, и на этом карьера советской тридцатьчетверки была закончена. Лишь в последнее время был возобновлен выпуск 34-к на основе оригинальных пентодов. Сначала на «Рефлекторе» по инициативе Sovtek году в 93-м, позднее на «Светлане» по инициативе S.E.D. в 95-м. Некоторое время, в эти же годы, в Новосибирске тоже вырабатывали нечто похожее на 6CA7. Однако, до сих пор неизвестно, кто мог быть заказчиком ламп столь посредственного качества.

На данный момент, кроме наших заводов, тридцатьчетверки выпускают китайцы (те, что со значком Golden Dragon, очень высокого качества), Югославы (Ei / Edicron) и Teslovak (осколок от Tesla). Последнее предприятие делает их специально для PentaLabs и GrooveTubes – крупных американских дистрибьюторов и производителей гитарных усилителей. Чехи, известные европейские стеклодувы, лютуют для EL34 цветные баллоны – розовые и голубые, наверное, для девочек и для мальчиков.

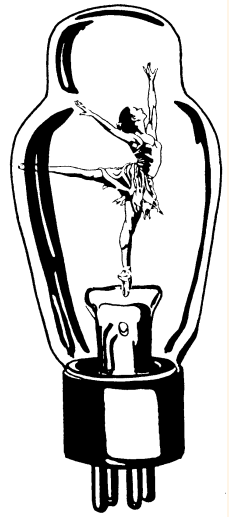
* При таких размерах активной части катода и плоском аноде достигается избыточно высокая плотность электронного потока. Поэтому, чтобы не перегреть анод, приходится либо делать его камерным, как у TV-тетродов для строчной развертки, либо придумывать дополнительные «крылья», увеличивающие поверхность излучения, либо прибегнуть к дорогому покрытию (цирконий), оставив простую форму анода. Выбрали последнее.

Life

in

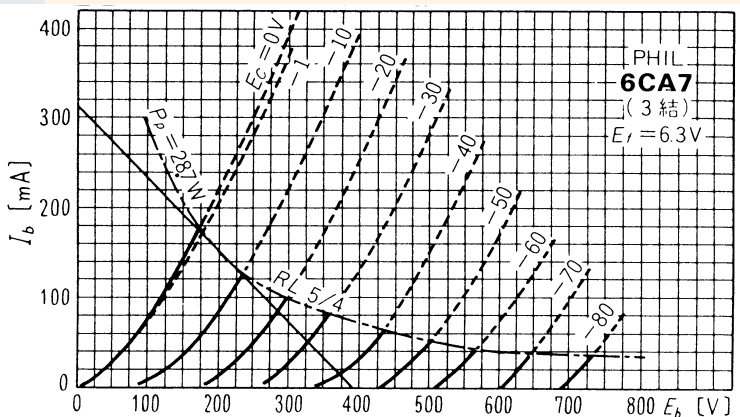
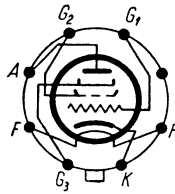
a

Vacuum



Что касается диаметра колбы и формы. Самые изящные среди них – Telefunken и «Рефлектор» – диаметр 28.3 мм (чуть толще беломорины). Чехи наворотили с конструкцией черте что, плюс название E34L (вообще-то, честь им и хвала, умеют они свой товар лицом представить, в отличие от российских производителей). Вместе со «светлановскими», они имеют баллон диаметром 31 мм, более короткий цоколь с ребрами/выемками между штырями, что делает их применение с высокими анодными напряжениями более безопасным. EL34 «Светлана», кроме прекрасно отлитого

баллона, очень ровного по толщине, имеет «родимое пятно» – вроде маленькой увеличительной линзочки внутри, ни с чем не спутать. Американские (оригинальные GE, TungSol) 6CA7 – 34 мм с массивным, как у 6П3С, цоколем. Югославские имеют характерную «пимпочку» наверху, как у пальчиковых ламп, и еще цоколь «Magnoval», как у 6П36С и подобных. Если говорить о качестве, то из ныне выпускаемых более других на слуху – «Светлана» и «Рефлектор» за их высокое соотношение качество/цена. Питерские лампы выглядят побогаче, хотя и стоят дороже. Может кого-то убедит тот факт, что сетки у них золоченые и щелчок имеет отзыв более короткий и звонкий. В бытовой технике они имеют больший спрос, зато в своих гитарных усилителях Marshall применяется преимущественно «Рефлектор» с надписью Sovtek. Это, возможно, вызвано лишь огромным заказом ламп у Sovtek'a, а вовсе не исключительным качеством ламп «Рефлектора».



Характеристика EL34/6CA7 в триодном включении

T.	Icon	Icon	U_f		Cl.	$U_{b/a}$	U_a	$U_{b/g2}$	R_{g2}	U_{g2}	U_{g1}	I_a	I_{g2}	S	R_i	R_k	R_o	P_o	$U_{g1 \approx}$	h																																							
			V	A																																																							
EL 34 EL 60	eur	1	6,3	1,5	A1	265	250	265	2000	235	-14,5	70 ÷ 73	10 ÷ 15	9	18	3	8	9,3	10																																								
						A1	265	250	265	0	265	-13,5	100 ÷ 105							14,9 ÷ 29																																							
						AB	430	430	1000	425	(62,5 ÷ 65) × 2	(5 ÷ 5,1) × 2	Fig.3							11	15	470	6,6	20	16	8,7	10																																
						AB	430	430	1000	425	(62,5 ÷ 70) × 2	(5 ÷ 7,5) × 2																																															
						AB	375	315	375	470	324	(75 ÷ 95) × 2																(11,5 ÷ 22,5) × 2	Fig.4	130	3,4	3,4	35	21	5	1,3																							
						B	350	325	350	470	327	(35 ÷ 95) × 2																(4,7 ÷ 25) × 2																															
						B	375	350	375	470	352	(35 ÷ 120) × 2																(4,7 ÷ 25) × 2									Fig.5	2,8	44	22,7	6	5																	
						B	400	375	400	1000	350	(30 ÷ 100) × 2																(4,4 ÷ 25) × 2																															
						B	425	400	425	1000	375	(30 ÷ 120) × 2																(4,4 ÷ 25) × 2															Fig.6	5	58	25,8	6	5											
						B	475	450	375	750	338	(30 ÷ 102) × 2																(4 ÷ 25) × 2																															
						B	500	475	400	750	363	(30 ÷ 125) × 2																(4 ÷ 25) × 2																					Fig.1	370	3	6	18,9	8					
						B	750	725	375	750	347	(25 ÷ 84) × 2																(3 ÷ 19) × 2																															
						B	800	775	400	750	372	(25 ÷ 91) × 2																(3 ÷ 19) × 2																											220	5	16,5	22	3
						A1	375	348	—	—	—	70 ÷ 73,5																—																															
						AB	400	370	—	—	—	(65 ÷ 71) × 2																—																															
						maximum ($I_k = 150 \text{ mA}$; $P_a = 25 \text{ W}$; $P_{g2} = 8 \text{ W}$; $\mu_{(g2/g1)} = 11$; $R_{g1} = 0,7 \text{ M}\Omega$; $U_{f/k} = 100 \text{ V}$)																																																					

Следует отметить, что R&B гитаристы еще во времена Wynonie «Mr. Blues» Harris'a и Freddy King'a предпочитали EL34 всем остальным. Любые металлисты вообще имеют пристрастие к 6550-м. Так что говорить о несомненном лидерстве и отрыве какой-либо одной фирмы смысла не имеет (у любовницы моего приятеля глаза цвета перезрелого гороха, а ему нравится!). Касаемо самых заметных представителей бытового звука: в свое время EL34 использовались в знаменитых Marantz Model 9, Quick Silver M135, Dynaco ST-70. Сейчас к ней равнодушны Tube Technology, Golden Tube, Conrad Johnson, Luxman/ Samsung. Но никогда, слышите, никогда ее не применяли McIntosh и Audio Research!

Параметры лампы во всех мыслимых режимах и включениях приведены в таблице. Чтобы понятно было, что это за Fig.1 – Fig.6 в колонке S, ниже приведены сами Fig's, то есть схемы включения. Может быть, кому-то будет интересна схема из MJ Stereotechnic 4/1988. Лампа включена триодом, раскачивается от 5692 RCA через межкаскадный трансформатор NC-18 (Tango). Его суммарное сопротивление по первичке – 8 кОм, витки -1+1 : 1.5+1.5. Входной триод является точным аналогом нашей 6Н8С. При указанных напряжениях и $R_{aa}=5 \text{ к}\Omega$ можно получить 20 Вт мощности, при гармониках не выше 2%. Если смущает межкаскадный транс, используйте вторую половинку 6Н8С как повторитель (хотя можно обойтись без него, если дать входной лампе ток около 10-15 мА. Только не спалите!). Выходные трансформаторы, вполне пригодные для данной схемы, можно приобрести в SPb Sound (читай объявления на заборах!).

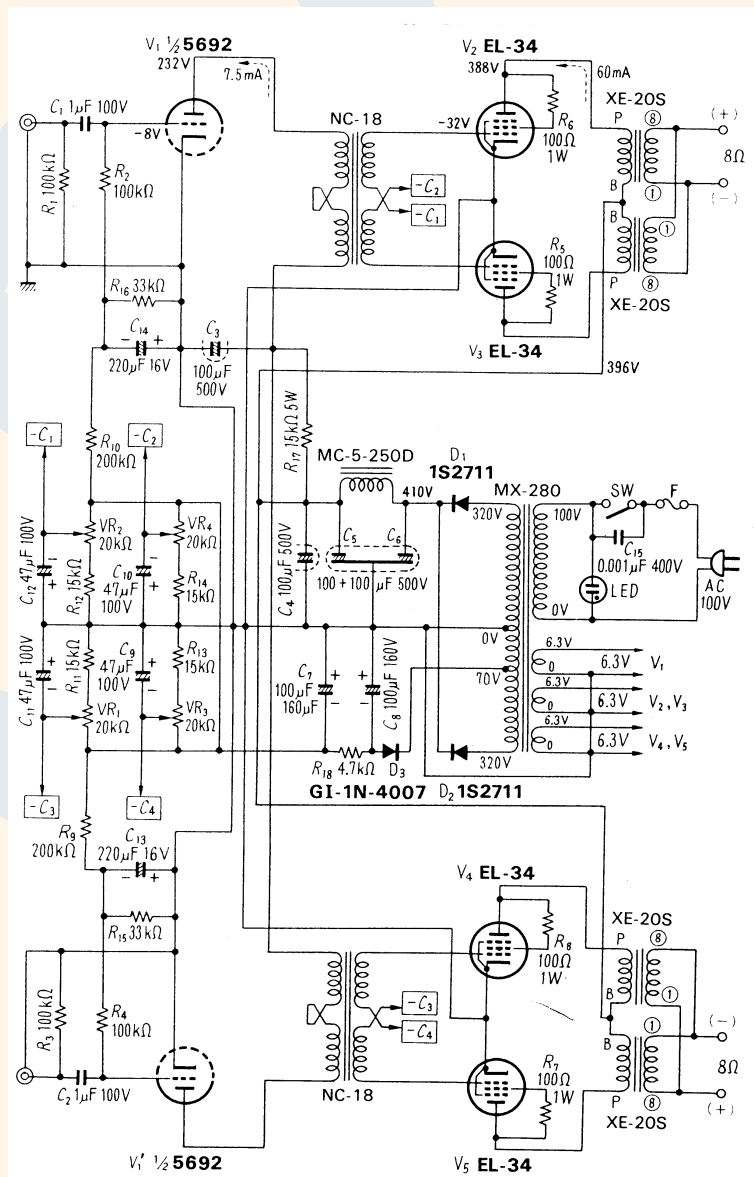
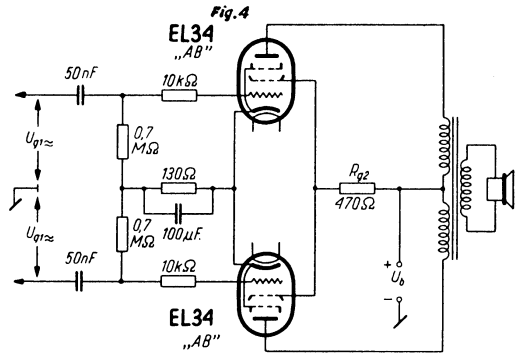
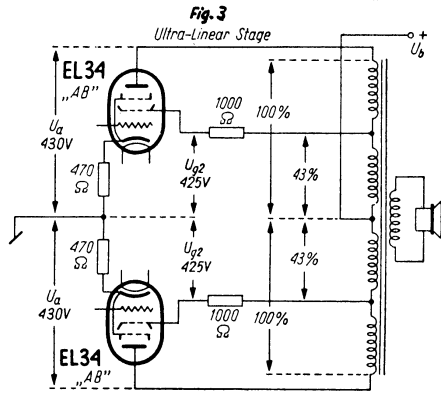
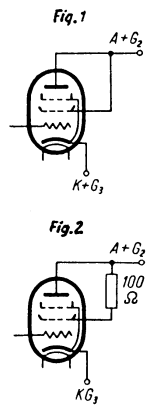
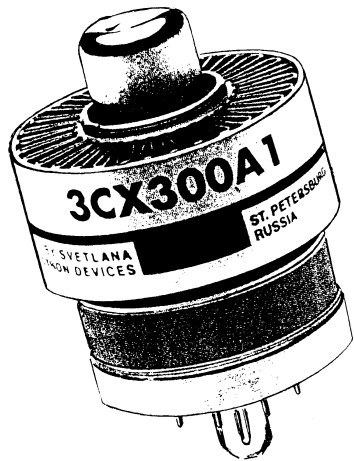


Схема на EL34 с межкаскадным трансформатором. MJ Stereotechnic 4/1988

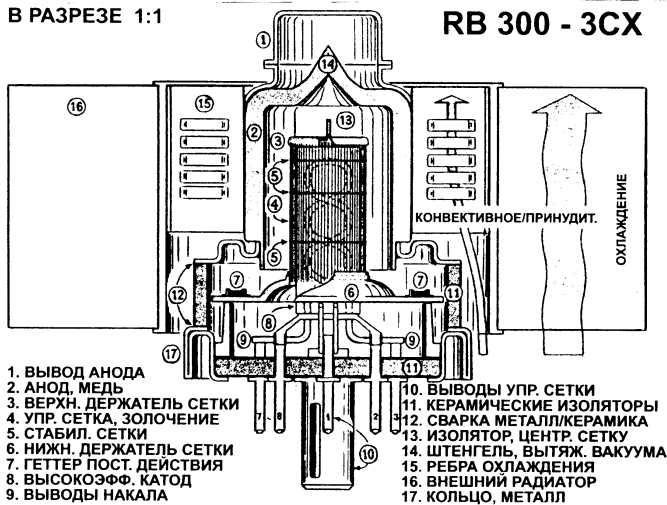


Схемы включения EL34 в PP усилителях.



В РАЗРЕЗЕ 1:1

RB 300 - 3CX

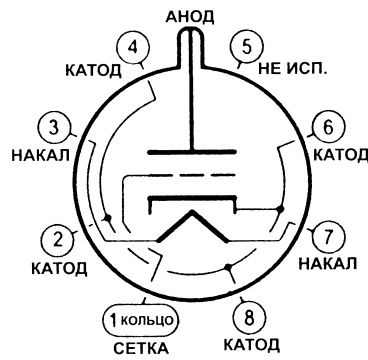


1. ВЫВОД АНОДА
2. АНОД, МЕДЬ
3. ВЕРХН. ДЕРЖАТЕЛЬ СЕТКИ
4. УПР. СЕТКА, ЗОЛОЧЕНИЕ
5. СТАБИЛ. СЕТКИ
6. НИЖН. ДЕРЖАТЕЛЬ СЕТКИ
7. ГЕТТЕР ПОСТ. ДЕЙСТВИЯ
8. ВЫСОКОЭФФ. КАТОД
9. ВЫВОДЫ НАКАЛА
10. ВЫВОДЫ УПР. СЕТКИ
11. КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗОЛЯТОРЫ
12. СВАРКА МЕТАЛЛ/КЕРАМИКА
13. ИЗОЛЯТОР, ЦЕНТР. СЕТКУ
14. ШТЕНГЕЛЬ, ВЫТЯЖ. ВАКУУМА
15. РЕБРА ОХЛАЖДЕНИЯ
16. ВНЕШНИЙ РАДИАТОР
17. КОЛЬЦО, МЕТАЛЛ

RB300-3CX / Perkins Electro-Acoustic Research Laboratory - PEARL

3CX-300A1 / Svetlana Electron Devices - S.E.D.

Еще немного – и лампа из разряда жутко секретных станет дико популярной. Собственно, сама лампа никаких секретов не содержит; гриф имеет отношение к ее военному прошлому. Ныне, если уж американское предприятие S.E.D. получило добро на вывоз ее в Штаты, канадцы (PEARL – превосходная аббревиатура) пользуют ее в своих суперусилителях, то и нам не грех обнародовать способности родного отечественного суперприбора. Характеристики приведены в статье Д. Андронникова об SE усилителе на этой лампе. Ранее о ней было сказано предостаточно, осталось добавить, что при конвективном (естественном) охлаждении мощность, рассеиваемая на аноде – 30 Вт, а завораживающая цифра 300 Вт – при обдуве вентилятором. Не выгорит она и при 60-80 Вт без принудительного охлаждения, но все-таки лучше дуть, не стоит рисковать и снижать ресурс ее работы. Пусть не смущает ее нестеклянный вид. При тех режимах, в которых она работает в самолетах, стекло просто не выдержало бы. Для ознакомления с ее устройством ниже приведен разрез в масштабе 1:1. К цоколю лампы Locstal, соответственно, подойдет любая керамическая панель для локальных цоколей (12П17Л пентод и подобные), обозначение ее ПЛЗ-5-13 и прочие модификации. Западное обозначение панельки – SK2A. Информацию по ее приобретению можно получить в редакции. Tel: (812) 101-47-69, Fax: (812) 251-03-19.



Цоколевка RB300.



ТАК ВСЕ-ТАКИ, КАКАЯ ЛАМПА НУЖНА И БУДЕТ ЛИ ОНА?

(часть 2)

А.Белканов



В середине 20-х мировой радиопромышленности настоятельно требовалась лампа с высоким коэффициентом усиления и низкой проходной емкостью, способная работать на радиочастотах. В лаборатории EMI / Marconi Osram был разработан первый пентод и назывался он DF 51. В 1932г. российские потребители буквально взмолились перед «Светланой»: разработайте и выпустите двухсетку с бариевым катодом для питания от сухих элементов. Что и было выполнено в том же году.

Что же сейчас? Ситуация повторяется с той лишь разницей, что отечественные производители полностью ориентированы на зарубежный рынок. Внутреннего спроса нет и не предвидится (по их просвещенному мнению), а тот невеликий ассортимент, который ими выпускаем нынче, итак находит покупателя. Не у нас, а там, далеко... Все, как всегда. Гром пока не грянул.

Помните наше обращение в прошлом номере к отечественным производителям с предложением сотрудничества? Так вот, следует признаться честно – это оказалось им абсолютно ненужным. То есть, конечно, мы встретились с разработчиками на «Светлане», представили свои мыслишки по модификации существующих и разработке новых, но ... никакой реакции и внимания. А ведь лампы нужны не только отечественным любителям, они могли бы стать ходким товаром «за бугром» и тем самым принести немалую прибыль неблестяще чувствующим себя производителям.

Задно мы выяснили, что специфики применения звуковых ламп разработчики не ведают и, видимо, не желают ведать. Им же хуже!

ИТАК, ЧТО ЖЕ ПРЕДЛАГАЛОСЬ?

1. В СССР была в свое время мощная лампа, не уступающая ничем 300В. Называлась она сначала MC -3, затем М – 457, потом ГМ 57 и, наконец, приобрела вполне бытовую маркировку –

УБ180. Прямой накал, оксидное покрытие катода, $U_n=4$ В, $J_n=2,1$ А, мощность на аноде 50 Вт, $\mu = 9$ и $R_i=1,6$ кОм. Характеристики на Рис.1.

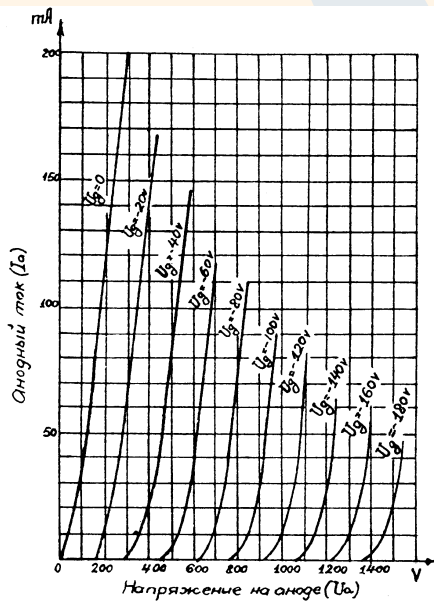


Рис.1. Характеристика УБ-180

Вполне реально было бы перевести лампу на октальный цоколь только не с гребешковой ножкой*, а с обычным донышком, как у EL34, 5881(6П3С-Е), 6550 и др. Причем цоколь применить от 6550 (с диаметром 43мм), на который можно поставить баллон тоже солидных размеров. Он вполне подойдет от 6550, либо несколько большей высоты. Чем не альтернатива 300В российской разработки? Один существенный минус – внутреннее сопротивление вдвое больше, чем у «трехсотки». Есть над чем подумать...

2. Если вы считаете 300В самой бескомпромиссной лампой всех времен и народов, то это не совсем верно. В довоенные и послевоенные времена те же английские фирмы – MOV (Marconi Osram Valve), GEC (General Electric Company – England), Mullard, Mazda, а также Siemens и Telefunken выпускали лампы Da, Ed (Siemens), DA30, DA60, DA120, PX 4 (Marcony), PX 25 (Ever Ready) и т.д. по параметрам и звуку ни-

чуть не хуже, чем 300В. Для справки: после того, как трехсотка утратила значок WE (Western Electric) и стала производиться под маркой головной компании AT&T, назначение ее было вовсе не для звука. Она уходила на склады Пентагона для ламповых стабилизаторов напряжения. В звук за нее работали прекрасные европейские лампы. Так вот, баллоны у них были прямые, цилиндрические, не похожие на «кобру» трехсотки. Поэтому мы предложили «втаскать» 300В в баллон 6550 с родным октальным цоколем. На нем найдутся лишние ножки для вывода средней точки. То, что баллон выдержит максимальную мощность анода 45 Вт + тепло накала (5 В x 1,2 А = 6 Вт), сомнений не вызывает. Такой же баллон рязанского триода 572 выдерживает более 100 Вт. Делается это не ради внешнего вида. Во-первых, при одинаковой цоколевке с 6В4G (6-вольтовый аналог 2А3) вышла бы очень неплохая замена на триод более мощный. Вопрос с совместимостью напряжений накала технических проблем не представляет (погасить лишние 1,6 В балластным резистором). Во-вторых, появляется возможность более жесткого закрепления в баллоне, применив слюдяные держатели от той же 6550. В-третьих, втискивать электродную систему в такой баллон куда проще, чем манипулировать с коброй, хотя прямого отношения к потребительским свойствам это не имеет. А вот дешевле, следовательно – доступнее из-за упрощения операции, лампа стать вполне может.

3. Наконец, всем известен лучевой тетрод, применяемый для строчной развертки в устаревших телевизорах – 6П45С. Его аналог Telefunken EL509/6КГ6 очень популярен в усилителях.

* Ножкой называется трубка, в которую введены электроды, затем выводимые на цоколь, и штенгель, через который ведется откачка вакуума. Благодаря такой технологии (гляньте на старую 6П3С) в лампе много переходов с одного проводника на другой и жесткость закрепления электродной системы в колбе оставляет желать лучшего.

Кстати, Тим Паравичини (E.A.R. England) опубликовал схему КИТа в Sound Practises на EL509 и производит их большим числом под названием YOSHINO 859 (раскачка выходной лампы происходит по второй сетке). Лампа имеет два недостатка: 1) подвод опасного анодного напряжения к макушке баллона; 2) цоколь Magnoval, требующий применения хрупкой и достаточно дефицитной 9-штырьковой панельки.

В первую очередь мы предложили убрать анодный вывод вниз, на дношко. Выводы в основании (очень мощные и жесткие гораздо лучше по качеству, чем у EL509, обеспечивают высокую жесткость закрепления электродной системы и минимальное число переходов) перевести на геометрию Ostal, а затем на них посадить все тот же октальный цоколь. Контакт штырей Magnoval и трубчатых штырей Ostal осуществлялся бы пайкой либо сваркой, при том, что они и так входят друг в друга внатяг (см. рис).

Кроме этого, предлагалось удалить камерный анод, который снижал динамический эффект, но попутно ухудшал линейность лампы. Лампа, очень похожая на 6П45С, но обладающая несомненно

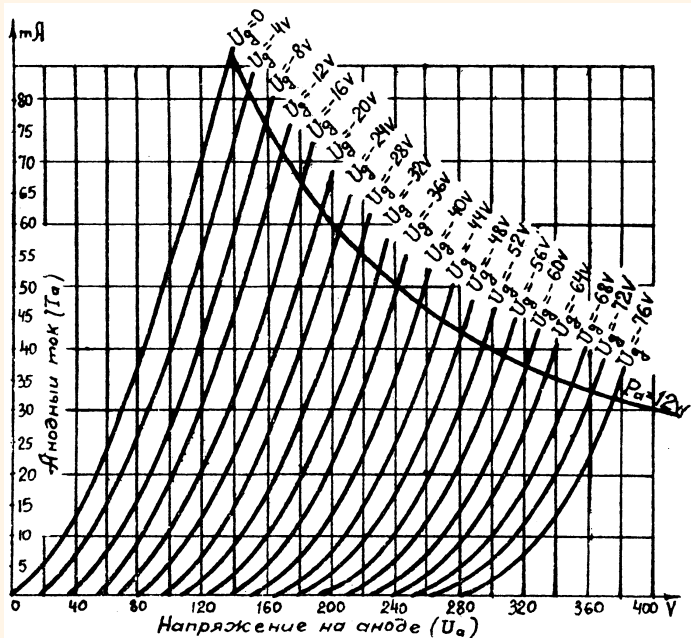
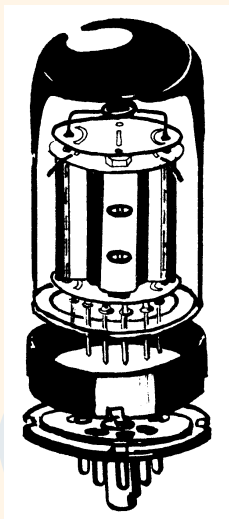


Рис. 2а. Характеристика УО-104

рок (одна 6922 чего только стоит, скоро обещает появиться ECC83 с высоким анодом, точная копия Mullard CV4004 и др.), в лампах для выходных каскадов тоже недостаток не наблюдается, а вот настоящей драйверной лампы как не было, так и нет. Ранее в СССР производились триоды прямого накала УО-104, ТО-143, ПО119. Характеристики УО-104 и ТО-143 – на Рис.2. У нас в редакции даже есть образцы, по которым было установлено, что лампы прекрасно работают в качестве драйвера. Однако восстановить оснастку будет нелегко, а то и просто нерентабельно.

Для порядка и экскурса вкратце осветим положение дел с драйверными лампами. Из того, что производит/производила Россия: 6Н8С (6SN7), 6Н23П-ЕВ (6922,6DJ8), 6Н6С (вполне адекватная замена 5687, но «фирма» имеет накал 12,6 В), 6С19П (очень малое усиление $\mu = 2,5$), 6С15П / 6С45П (довольно мощные лампы по току, но имеют узкий раскрыв анодной характеристики, то есть полезность большого $\mu = 50$ под большим вопросом). И, наконец, очень привлекателен лучевой тетрод в триодном включении – 6П41С. Кабы он еще выпускался, то был бы первым кандидатом в «чистые» триоды для драйвера. На Западе, кроме 5687 и 5842 (точный аналог 6С45П), имеют хождение в качестве драйверных 6FQ7/6CG7, ECC80/E80CC, 6072/ 12AY7/6Н4П. Бывает дело, и до 6Н7 (6Н7С) доходит. Верно, лампа хорошая, только любит она работать в «правом» режиме и внутреннее сопротивление $Ri=7,5$ кОм,

при соединении обоих триодов в один все-таки велико для идеальной драйверной лампы. Так или иначе, все перечисленные лампы в «чистые» драйверы не годятся, не ставить же вместо них УО186 или 6С4С, в самом деле! Справедливости ради, стоит упомянуть лампу 6ВХ7-ГТ, весьма точно соответствующую требованиям драйверной лампы. Применялась она в усилителях кадровой развертки, имела обычное октальное оформление и два триода в одном баллоне, что для двухтактного усилителя только плюс. Может где-нибудь в древних фирменных телевизорах ее и можно откопать. Только кто же будет держать такой TV, сейчас все больше Samsung да Sony, а они, как



более высокой линейностью, выпускалась под названием 6П42С. По качеству исполнения среди доступных советских/российских она могла бы считаться № 1. Рамочные сетки, и первая и вторая, обеспечивают небывалую симметричность по обеим сторонам катода. При этом они гораздо меньше «микрофонят»; наконец, в триодном включении лампа имеет очень низкое $Ri \sim 500$ Ом при мощной эмиссии катода. То есть, по нашим понятиям, лампа 6П45С имеет реальные перспективы для работы в звуке.

Думаете это все? Если выбор ламп для входных каскадов достаточно ши-

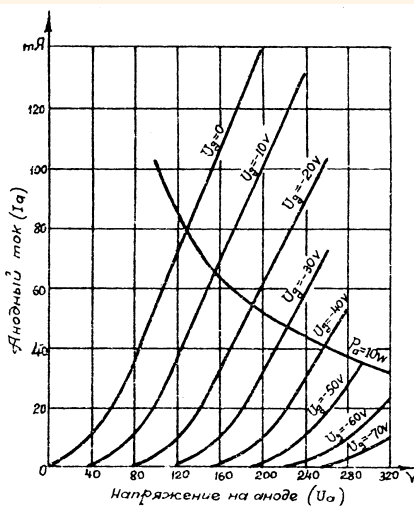


Рис. 2б. Характеристика ТО-143

известно, сделаны из единого куска кремния. А пока что буржуй ничего не остается, как использовать лучевые тетроды и пентоды в триодном (и в штатном тоже) включении. Nobu Shishido в своем экзотическом усилителе WAVAC 805 на вестерновских триодах 805 использует в качестве драйверов 6L6, Golden Tube – EL34, для раскачки 300B. Самый убойный вариант драйвера – 300B, правда, «трехсотка» и раскачивает не менее достойную – 845 (Marantz Project T1).

Вот тогда наше внимание привлекли новые лампы, производимые на «Светлане» – EL34 и 6L6. Что, если заставить их работать триодами, причем не «псевдо», когда вторая сетка подключена на анод, а настоящими, 3-х электродными лампами? Для этого требуется удалить экранные сетки и лучеобразующие пластины. Просто их оборвать и не подключать вовсе нельзя, так как наведенный на них заряд (причем переменный от величины тока анода и потенциала на нем) будет вносить непрогнозируемое влияние в работу триодной системы. Лампа EL34 внешне выглядит предпочтительнее, так как имеет эффективную поверхность анода большую, в сравнении с 6L6, и катод ее имеет гораздо большие размеры, чем у «классика» американской ламповой промышленности. Такое сочетание способно обладать низким внутренним сопротивлением и высокой эмиссией на пиковых сигналах. Не следует забывать, что и мощность на аноде у EL34 все-таки на 3 – 5 Вт выше, чем у 6L6, а в штатном (пентодном) режиме максимальное значение напряжения на аноде 800 В (чемпион среди бытовых ламп). С таким напряжением U_a без проблем можно получить 400 В р-р. Этого достаточно, чтобы раскачать любую доступную лампу, будь то 6ГМ70, 211 либо 845 и SV572-3. Конечно, у ныне издаваемой EL34 проблемы есть, и перед тем, как пытаться сделать ее триодом, невредно заранее их предвидеть. Скорее всего, они проявятся в виде большой емкости $C_{с-к}$ и $C_{с-а}$ (входная и проходная емкости), прежде всего из-за больших размеров катода и эффективной площади анода. Расстояние от анода до сетки велико, что даст при той же густоте сетки небольшой коэффициент усиления, а он нужен порядка 8-12. При высокой конструкции электродной системы, а она гораздо выше, чем у 6L6, появится особая забота с жестким закреплением внутри баллона. Однако, при указанных уровнях сигнала, «микрофонить» такая конструкция вряд ли будет, по крайней мере, уровень паразитной модуляции будет весьма мал.

В качестве прототипа была предложена ЕС360 производства еще восточногерманской фирмы WF, но та едва имеет $\mu = 3$ и низкое допустимое напряжение на аноде. Хотя при этом $R_i = 350-400$ Ом (лучшего и желать не надо).

Что в итоге? Из всех наших рассуждений и споров родилось вполне конкретное представление о драйверной лампе, которая могла бы много шума наделать на международном рынке, да и на нашем пригодилась бы несомненно.

ЧЕМ МЫ РУКОВОДСТVOВАЛИСЬ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ?

1. Лампа должна иметь широкий раскрыв по сеточным напряжениям. Это обеспечит большую перегрузочную способность по входу каскада, а вместе с этим всего усилителя. Лампы, имеющие глубокую (в смысле возможности подачи на сетку больших амплитуд) характеристику, при сохранении параллельности линий I_a-U_a , являются наиболее линейными.

2. Внутреннее сопротивление R_i должно быть как можно ниже (предпочтительно 0,8 – 1 кОм) до 1,5 кОм (max), чтобы исключить проблемы согласования с последующим каскадом. Если принять сопротивление анодной нагрузки большим в 4 раза, чем $R_i = 1$ кОм (к примеру), то $R_a = 4$ кОм. Межкаскадный трансформатор, все чаще применяемый в последнее время в высококачественной технике, может быть реализован без особых проблем. Чем меньше R_i и больше R_a , тем большую амплитуду выходного напряжения можно получить при данном напряжении питания.

3. Лампа должна уверенно работать не только на емкостную нагрузку следующего каскада (наихудший случай 200 пФ), но также с сеточным током выходной лампы. У модуляторных ламп 845, 211, SV811-10, SV572-10 при глубокой раскачке, т.е. при потенциале сетки больше нуля (относительно катода, естественно), появляется сеточный ток. При значениях выходных мощностей однотактных усилителей в районе 30 Вт, сеточный ток для всех перечисленных типов не превышает 20 мА. Следовательно, максимальный ток, отдаваемый в нагрузку, будет около 35 мА**.

Из сказанного вытекают следующие параметры:

- 1. Усиление 10-12. Нижний предел – 8.**
- 2. Внутреннее сопротивление $R_i = 0,8-1,5$ кОм, соответственно крутизна $S = 8-12$ мА/В.**

3. Максимальное напряжение на аноде U_a (max) = 600 В. (min 450 В).

4. Мощность на аноде P_a (max) = 12-15 Вт (min 10 Вт).

5. Катод косвенного накала, $U_f = 6,3$ В.

6. Цоколь октальный. Цоколевка должна совпадать с EL34/6L6 и др.

7. Режим измерений (рабочий режим): $U_a = 250 - 300$ В;

$U_{c1} = -20$ В; $I_a = 35-50$ мА.

8. Желаемая емкость $C_{с-а} \sim 6-7$ пФ.

На рис. 3 представлены смоделированные анодные характеристики требуемой лампы.

Теперь можно без лишней патетики закончить: на мировом рынке нет драйверной лампы!

И все склоняется к тому, что ее и не будет, по крайней мере, в России. Если умницы-разработчики еще не перевелись, то руководителей производств, способных оживить былую славу российских мозгов, нет по определению. Работа наших предприятий на американцев (что сейчас и происходит с двумя ведущими заводами – «Светланой» и «Рефлектором») обязывает не рассуждать. Аминь!

P.S. Краткий перевод обращения к производителям, опубликованного в американских журналах:

«...Другие недостатки триода 300В следующие: дурацкий, по современным понятиям, 4-штырьковый цоколь, нестандартное питание накала 5 В и слишком малое усиление, что затрудняет раскачку лампы с малыми искажениями, пока не применишь дорогостоящий межкаскадный трансформатор.»

На смену ушедшим WE300В разработайте триод с малым усилением для работы в выходных каскадах усилителей массового рынка. Он должен иметь октальный цоколь, мощность рассеяния на аноде 50 Вт, максимальное напряжение анода 600 В, косвенный накал с питанием 6,3 В, усиление порядка 8, внутреннее сопротивление около 700 Ом и цоколевку, совместимую с 6550/КТ88.

Такая лампа может быть использована для модификации усилителей, применяющих 6550/КТ88 в ультралинейном включении. Просто установил новую лампу, триод, без каких-либо перепаек и переделок. Потенциальный рынок для такой лампы огромен и нужность ее трудно переоценить...».

**** К определению анодного тона драйвера, работающего на входную емкость выходного каскада.**

Требуемый ток удобно рассчитывать через скорость нарастания сигнала. В свое время (1977 г.) Walter Jung определил требования, при выполнении которых у каскада не возникает проблем с искажениями, вызванными ограничением скорости нарастания (S.R. – Slew Rate).

$$S.R. = \frac{2 \cdot \rho \cdot F_B \cdot E_{ампл}}{10^{-6}}$$

При верхней частоте $F_B = 20$ кГц и $E_{ампл} = 100$ В(+/- 50 В), $S.R. = 12,56$ в/мкс.

По условию Junga, скорость нарастания должна быть выше в 5 раз, следовательно, требуемое значение $S.R. = 62,8$ в/мкс. Вместе с тем $S.R.$ равен току заряда, деленному на значение заряжаемой емкости, т.е. $S.R. = i/C$, откуда требуемый ток: $i = S.R./C$.

Для наших условий, при $C = 200$ пФ (динамическая входная емкость) и $S.R. = 62,8$ в/мкс, $i = 12,56$ мА. Это означает, что, кроме сеточного тока выходной лампы (около 20 мА), каскад драйвера должен иметь запас по току, как минимум, еще 13 мА. Итого – 33 мА. Данная величина и определяет требуемый ток покоя драйверной лампы.

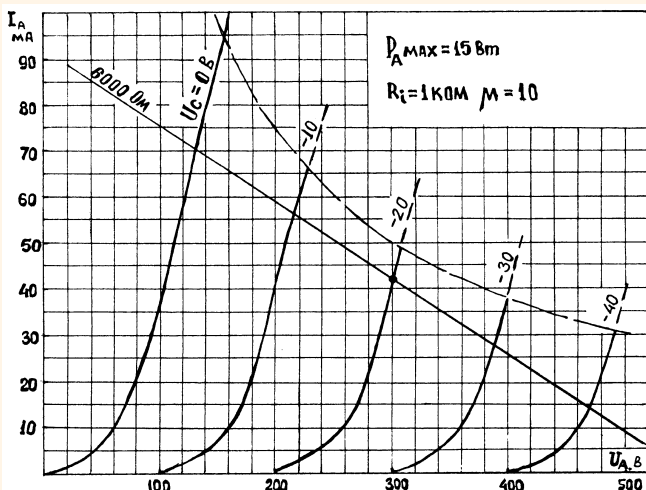


Рис. 3. Характеристика идеализированного триода.

Список литературы, которая не помешает.

В.Ф.Власов. Электрорадиотехника. Связьиздат. Москва. 1949г.

Г.С.Цыкин. Трансформаторы низкой частоты. Расчет и конструирование. Связьиздат. Москва. 1937г.

С.Н.Кризе. Усилители низкой частоты. Связьиздат. Москва. 1948 г.

Р.Лэнди, Д.Дэвис и А.Альбрехт. Справочник радиоинженера. Госэнергоиздат. М-Л. 1961 г.

Трансформаторы усилительной и измерительной аппаратуры. **В.К.Кузнецов, Б.Г.Оркин, Ю.С.Русин.** Энергия. Ленинград. 1969г.

А.М.Бройде, Ф.И.Тарасов. Справочник по электрорадиотехнике и полупроводниковым приборам. Госэнергоиздат, серия МРБ. Ростовское книжное издательство. 1962 г.

А.М.Бонч-Бруевич. Применение электронных ламп в экспериментальной физике. Изд. 3-е. Госиздат технико-теоретической литературы. Москва. 1965 г.

Приемно-усилительные лампы повышенной надежности. Справочник. «Советское Радио». Москва. 1962 г.

Электрорадиотехника. Справочник. Госэнергоиздат. М-Л. 1956 г.

Ю.А.Кацман. Электронные лампы. «Высшая школа». Москва. 1979 г.

Б.Б.Гурфинкель. Приемно-усилительные электронные лампы. Госэнергоиздат. М-Л. 1949 г.

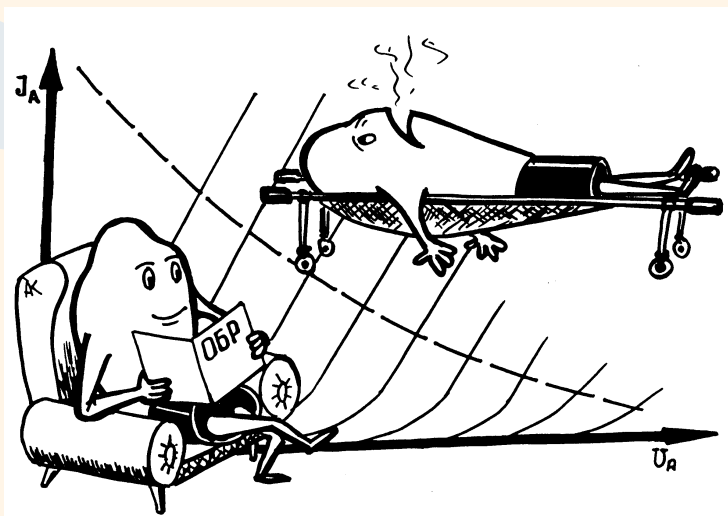
Г.С.Векслер. Электропитание спецаппаратуры (звуковой). «Вища школа». Киев. 1975 г.

Цыкин Г.С. Усилительные устройства. – Москва, «Связь», 1971 г.

Каталог электронных ламп. **Брудна. Й.Поустка.** Госиздат тех. лит. Прага. 1957 г.

Кроме указанных здесь источников, естественно, и те, что приведены в статьях NN 1 и 2 «Вестника». В серии МРБ издательства «Энергия» в 1997 году, вышла книжка **Г.С.Гендина** – «Высококачественные ламповые усилители звуковой частоты».

Рекомендуем!



ОТКРЫТОЕ ОБРАЩЕНИЕ

фирмы «SPb Sound»

Гармония, созданная в период становления и развития ламповой техники, вконец разрушена полемикой типа «Однотактный против двухтактного» или «Триод против пентода». Почему все время ПРОТИВ?!?! Выходит какая-то битва титанов, где победителей не будет.

Мир велик и разнообразен. Едины лишь законы мироздания, и применять их можно в любой среде, в том числе при конструировании звукотехники. Противопоставления и антагонизмы в технике не ведут к обретению гармонии. Только она, единственно, позволит добиться истины.

Разнообразие музыкальных жанров и бесконечное число выразительных средств приводит и к разнообразию технических решений, призванных донести музыку до слушателя. Похвально стремление к идеальному воспроизведению, но мечте этой вряд ли суждено сбыться. Мы живем в реальном мире.

Велико будет разочарование любителя рока, когда он наконец-то включит собранный им однотактник и не почувствует необузданной энергии Осборна или Планта, не ощутит настоящего драйва – основы рока. В то же время, ценитель великолепного сопрано М. Каллас и филигранной техники Я. Хейфетца будет оскорблен, не услышав богатства интонаций и многообразия оттенков этих исполнителей при воспроизведении их записей через двухтактный усилитель, собранный неопытной рукой.

Подавляющее большинство меломанов всеядно и спокойно воспринимают рок, джаз, классику и поп... Здесь нужен если не идеальный, то по крайней мере, универсальный усилитель. Такой аппарат по однотактной схеме сделать можно, но это, без преувеличения, в сто, тысячу раз труднее, чем реализовать его в пушпульном варианте. Основная трудность заложена в последнем звене ламповых усилителей – выходном трансформаторе. Несложно намотать трансформатор для однотактника, заставить звучать его – вот проблема. Решение ее – целое искусство. К примеру, цена SE трансформатора начального уровня фирмы Tamura (Tango) в два раза выше цены за обычный двухтактный, а аудиофильского уровня – в три раза против цен на PP трансформаторы той же фирмы. Эта разница указывает на разное количество труда, интеллектуального труда в первую очередь. Она будет увеличиваться, как снежный ком, по мере завершения однотактного проекта. Прибавьте сюда огромное количество времени, которое требуется затратить не столько на сборку, сколько на достижение желаемого звучания. В самом деле, настоящая работа над усилителем начинается после настройки его и измерений параметров.

Каждый свободен в выборе конструкции, но начинающим любителям (а их 99%) мы все же рекомендуем идти от простого к сложному, иначе не избежать разочарований и долгостроя. Прежде чем поступить в институт, требуется закончить школу. Изготовление хорошо звучащего двухтактника и станет такой школой. Лишь одолев ее и ясно понимая проблемы, с ним связанные, следует приступать к строительству однотактника.

Миру не нужны потрясения и революции. Гармоническое развитие – движение поступательное, эволюционное. Оно не терпит резких скачков и переломов. Давайте не будем нарушать законов мироздания.

ледних песнях чувствуется желание эпатировать публику – «Hong Kong», «Constipation Blues» (Запорный блюз, или Блюз засранца).

Несколько раз он принимался переписывать свой главный хит в жизни – «Spell» в иной манере и всякий же раз находил сил отмотчить что-то новое, отыскивал какие-то особенные модуляции голоса и звучание инструментов. В исполнении «Spell» за 1979 г. он даже «свалился в попсу à la disco». Быть на нее похожим и быть обвиненным в этом он не боялся. Как всегда, был вызов – а вот! могу и так! была бы песня хорошая...

Влад Фролов

Эти CD можно заказать и приобрести в магазине Music Шок, что на Большом проспекте, 52 Петроградской стороны (С. Петербург):

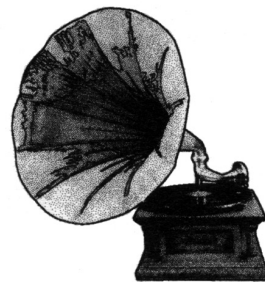
1. Portrait of a Man (A History of Screamin' Jay Hawkins). Demon Records Ltd. EDCD414.
2. I Put A Spell On You. CDL-CD-5456 Sony Music (AAD)
3. The Best of Screamin' Jay Hawkins / Voodoo Jive. CBS Special Products. Rhino Records Inc. R2 70947.
4. Live and Crazy. Evidence Music. ECD 26003-2 (концерт в Париже /1988).
5. Screamin' The Blues. CD Drive 3204 (ADD).
6. Cowfingers & Mosquito Pie. Sony Music / Epic EK 47933. AAD/ADD.

Jay Hawkins начал записывать свои песни с Tiny Grimes Band, когда Элвис только-только робко начинал петь в клубах. И закончил выступать перед публикой через 20 лет, после того, как Пресли не стало. Но никогда Джей не испытывал той невероятной популярности, какая свалилась на кумира молодежи 50-60-70-х. К чему эти пресные параллели? Мне кажется, что Hawkins, осознавая свою бесспорную талантливость, просто не задумывался над тем, как ему поизящнее выглядеть перед зрителем, каким боком повернуться к репортерам и кто поднимется выше в чартах. Плевать ему было на манеры и клубные пристойности, ни к чему он не относился серьезно. Вероятно, что его мировой хит «I Put a Spell on You» появился не как ответ на сплывающую мелодию «Only You» Пресли, но как порыв молодого человека (на 57-й год ему было 28 лет) – мол, подумаешь, я могу не хуже. И он начал хулиганить на сцене, корчить уморительные рожи и рядиться в черт знает какие костюмы. За ним установилась кличка – Screamin'. На русский ее следовало бы перевести как «Вопило», возможно, так он и воспринимался. Что до стиля, то можно сказать, что его вовсе не было. Он просто спрашивал, что ныне модно и, получив ответ, говорил: «О'кей, значит, песня будет в этом ключе». Играл с музыкантами, без внимания к их умению играть и их популярности. Оттого имена многих исполнителей, работавших с ним на записях, остались неизвестными. Равно как неизвестно, выпустил ли он хоть один полный альбом на виниле, так как все песни его выходили на сорокапятках. Когда не хватало своих, пел чужие, и с каким блеском! Послушайте в его исполнении Heart Attack & Vine (T.Waits) или Monkberry Moon Delight (авторство приписывают Houston'у). McCartney против «Вопилы» просто щенок, когда в «RAM» исполняет Monkberry! Те, кто исполняли его «Spell», раскрывали свои возможности, но никто не прославился и не смог спеть лучше, чем сам автор. А ведь ее пели Sarah Vaughan, Alan Price, Creedence Clearwater Revival (T.Fogerty), Them.

Сейчас его можно услышать только на CD; это всевозможные сборники, изданные солидными компаниями. Лучший из них – «Cowfingers & Mosquito Pie» фирмы Epic. Единственный концертник – Live and Crazy, записан во время пребывания в Париже в 1988 г. Слушая Hawkins'a, не боишься за технику, вдруг она чего-то важного не воспроизведет. Она и вправду может не справиться с Test CD, где бухает большой японский (китайский, корейский – на выбор) колокол. С его музыкой такого риска нет, нужна малость – чтоб она нравилась. Может быть, я впервые осознал спорную для многих истину: проблема Hi-End'a кроется не в том, на чем слушать, а что слушать. Лишь когда музыка «забирает» тебя полностью, тогда перестаешь обращать внимание на огрехи техники. У Hawkins'a это не анемичный cool или бодрящийся mainstream, это нахальная компиляция любых стилей, кои под руку попадут, с предпочтением R & B – ритмблюзу.

В записях 90-х напор «Вопилы» ослабел, сказался возраст, однако задор хулиганских выходов остался. Даже в пос-





НАС ХВАЛЯТ . . .



Здравствуй, «Вестник»

Хоть Ваш журнал и мужской, читаю его с удовольствием – беру у мужа, пока его нет. Конечно, в схемах я ничегошеньки не смыслю, но он мне нравится за электронно-литературный сплав с инженерно-эротическим привкусом. Как я поняла, Alter Ego в № 2 посягает на High-End'ом и собакой, которая, как объяснил мне муж, уже всех «запаяла» в каком-то не то московском, не то питерском журнале. Он (муж), слава Богу, их не покупает.

Очень по душе мне рисунки. Глядя на них, я и про мужа перестала думать, что он отпетый. Когда мужики шутят над собой, они еще не потеряны для женщин. И особенно хороши картинки на последней странице журнала. Над Дедом Морозом и поясом с чулками я хохотала до слез: представила, будто это со мной.

Побольше таких штук! Пусть женщины знают, что мужчины «повернуты» не только на своих лампах и транзисторах, но и человеческое им не чуждо.

Спасибо за журнал. От Андрея (моего мужа) – особенная благодарность. И сообщите адрес, если он изменился, а то пришлось вас отыскивать по телефону.

Ольга Лукина. г. Брест.

Очень ценим Ваше мнение, Ольга. Таких нас – мужиков и таких Вас – женщин мы всем ставим в пример. – Ред.

ПОРУГИВАЮТ . . .

... Журнал хорош, нужен, но вот несколько замечаний:

1. Купил его в «Наутилусе» (маг. в ДК им. Горбунова, Москва – Ред.), там и адрес Ваш дали, а то он нигде не указан. Но больше нигде в Москве его не видел. Нет рекламы. Посмотрите, как «Аудио Магазин» или «Салон AV» работают – в любом переходе есть. Правда, там читать нечего, зато они умеют бабки зарабатывать. Это не вредно и вам научиться делать.

2. Что за полиграфия такая, черно-белая? Берите пример с этих же журналов, они и дешевле. Правда, я и за эти деньги их не беру, но ваш журнал все-таки дороговат.

3. Побольше давайте схем, чтобы было из чего выбрать. Почему-то набросились на однотактные, а про двухтактники забыли. Там ведь важно, какие лампы применить и режимы выставить, звучать будет не хуже. Купил EL-34 в «Пурпурном легионе», очень хорошие. Где купить 6550-е, про которые вы хорошо отзываетесь? В Москве их днем с огнем не найти, не ехать же в С.-Петербург. Может ли их редакция выслать? Если EL-34 в Пурпурном стоят 20 долларов за штуку, то сколько будут стоить 6550-е и можно ли их включить триодом?

4. Как подписаться на «Вестник»? Мне объяснили, что он выходит нерегулярно (у меня только два номера), но говорят, видели №3 и №4. В «Наутилусе» их еще нет. Если журнал такой популярный, в этом я нисколько не сомневаюсь, то увеличьте тираж.

У меня есть предложение: Если вы из одного города – «Аудио Магазин» и «Вестник», то может быть вам как-нибудь скооперироваться. Там тоже какие-то схемки были. А.Лихницкий в вашем журнале рассказал бы про свои секретные схемы, если он решит их когда-нибудь рассекретить. Такого, по его словам, на Западе нет и стоит это больших денег. Так что отнеситесь к моей идее объединения посерьезнее.

Сергей Крик. Москва.

Критику принимаем, лампы выслать сможем, тираж увеличим, № 4 и сами не видели. А вот с предложением не знаем, как поступить. Нам такое в голову ни в жисть бы не пришло. – Ред.

РЕШИТЕЛЬНО ОТВЕРГАЮТ . . .

...Мне 21 год. В бизнесе давно, лет 5. Занимаюсь продажей элитной аудиотехники, тактам любой проспект фирменный в 100 раз лучше сделан, чем ваш журнал. Неужели кто-то его купит. У народа есть денежки и он их несет в фирменный магазин, там и гарантия есть и проверят при продаже и объяснят, как пользоваться. С вашим журналом к нам пришел клиент и показал его нам. Мы долго потом смеялись. Когда есть Audio Note или Sonics Frontier, неужели вы думаете, что на коленках можно сделать лучше? Правильно написал в журнале «Салон AV» Д. Лилеев, что нечего самодезьщикам под ногами путаться. Пусть бы пришли в какой-нибудь элитный салон и послушали бы элитную технику. Лилеев-то человек грамотный, сам торгует крутой техникой. Конечно я понимаю, что ваш журнал для Саратова, Ростова и пр., там это дело пойдет, но в Москве, пожалуй, нет, там и своих «Мурзилок» хватает. Я не хотел вас обидеть, но, думаю, что мнение продавца High-Enda вам не помешает. С уважением Ник. Петин. Москва.

Спасибо, Ник., за заботу. Вы нас не обидели, а только приободрили. – Ред.

(Тексты писем оставлены без изменений, в авторской транскрипции и пунктуации).

ДЕЛЯТСЯ ОПЫТОМ...

▶ При использовании ТАНа удобно применить вакуумное реле (Рис. 1). Оно обеспечивает безыскровую коммутацию в моменты включения и выключения. Диод служит для погашения ЭДС самоиндукции дросселя при выключении. Тип реле В1В-1В, 10Ах 3кV.

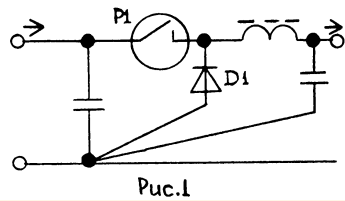


Рис.1

▶ Для стабилизации анодного напряжения в маломощных каскадах очень уместны полевые транзисторы в схеме параметрического стабилизатора. В этом случае необходим полевой транзистор с высокой крутизной и предельным напряжением $U_{с-и}$ на 50 – 100 V выше $U_{вх}$. Стабилитроны в цепи затвора подбираются из необходимого $U_{ввых}$ (Рис. 2). Сразу вопрос: несмотря на сильные шумы и большое внутреннее сопротивление, многие серьезные производители применяют газовые стабилитроны. Это лишь мода, либо нечто специальное для звучания? По-моему, это глупость. То же самое касается применения кенотронов. Ведь они же съедают динамику из-за своего высокого внутреннего сопротивления.

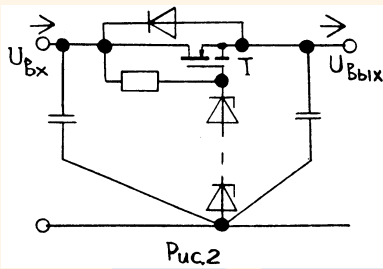


Рис.2

▶ Для повышения стабильности предлагаю использовать ГСТ (генератор стабильного тока). Для плавного включения анодного напряжения постоянная времени цепи RC выбирается достаточно большой (10-30 сек). Если есть необходимость управлять $U_{ввых}$, установите ключ на транзисторе Т, как указано в схеме. Рис. 3.

▶ Что вы скажете про схему, встретить которую мне еще не доводилось? Тип лампы зависит от величины потребляемого тока – 6Н13С, 6С19П, 6С41С, 6С33С и т.д. $U_{ввых}$ устанавливается ве-

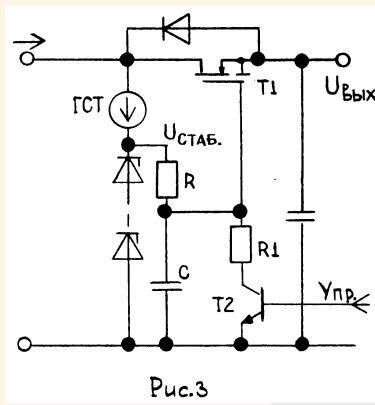


Рис.3

личной тока ГСТ, создающего смещение на резисторе R. $I_{с-т}$ лежит в пределах 10% – 20% от тока нагрузки. При изменениях $I_{нагр}$ и $U_{ввых}$ (?) будет изменяться напряжение на резисторе, тем самым приводя к противофазному изменению смещения на проходной лампе, и $U_{ввых}$ будет выравниваться. Кстати, приведенная схема один в один SRPP, см. Рис. 4.

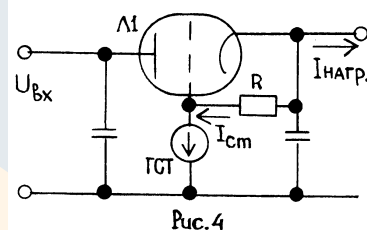


Рис.4

▶ Та же схема Loftin-White, только иначе нарисованная и по смыслу ближе к оригиналу, чем в журнале (см. рис. 5). Преимущества такой схемы: непосредственная связь драйвера (нижней лампы) с выходной лампой, что и было раньше; исключение резистора автосмещения и шунтирующего конденсатора у выходной лампы. Оба компонента существенно влияют на звук и уменьшают КПД каскада. Налицо и недостатки: 1) невозможность получить от драйвера большой амплитуды раскачки, 2) два источника питания. Первый можно обойти, применив выходную лампу с большим отрицательным смещением, к примеру 300В с $U_A=450$ V, $U_{с-и}=97$ V. Еще более повысить напряжение возбуждения на верхнюю лампу можно, применив в качестве драйвера каскад SRPP. Со вторым недостатком можно смириться. Схема пока не отработана, находится в стадии воплощения, результаты обнадеживают. Что скажете вы?

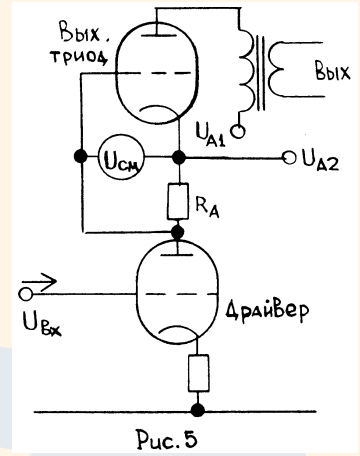


Рис.5

▶ Что из себя представляет А.Р.А.? Кто и как туда попадает?
С. Васянин. Тольятти.

(Кроме этого, господин Васянин делится опытом намотки выходного трансформатора, предлагая способ вертикального секционирования. В классических трудах такой способ имеет название галетного секционирования. Он также выслал нам бухточку провода МТФМ (многожильный, посеребренная медь в литой (экструдированной) фторопластовой изоляции, лампы: 6L6 (RCA) отечественные: СО-118, СО-122 (1938 г).

Тронуты Вашим вниманием и желанием оказать посильную помощь. Мы давно подозревали, что на просторах Родины во множестве произрастают грамотные и пытливые, умеющие не только поумствовать, но и своими руками поделать, сыны. Ими и будет прирастать Россия. Однако, нас призывают к ответу.

▶ Если вы решили включать анодное таким образом – пожалуйста. Однако, токовый удар по анодному трансформатору все же будет, т.к., надо полагать, выходная емкость фильтра в (хотя бы) несколько раз больше входной. Правда, дроссель несколько сгладит бросок тока. Взамен предлагаем свое решение. Правда, придется потратить 2Ах6,3V на накал вакуумного диода 6Д22П. Однако,

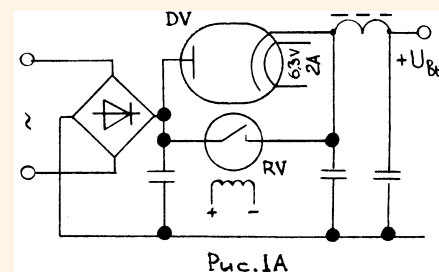


Рис.1А

включение реле тоже, надо полагать, не происходит бесплатно и к тому же выпрямленным током (см. рис. 1А). Получается двухзвенный фильтр с «мягким» (Soft start) запуском. Если есть подозрения на то, что этот диод «съедаёт» динамику, его можно отключать посредством шунтирования контактами того же вакуумного реле через промежуток времени (примерно 1 мин).

С параметрическим стабилизатором нет проблем. Стоит лишь указать, что транзисторы для этой цели подойдут BUZ41A, IRF730, IRF740. Приобрести их можно у фирм «КОМПЭЛ» (тел. (095)243-5478) и «МЕГА-ЭЛЕКТРОНИКА» (тел. (812)327-3271).

Там, где мало ослабление помехи по питанию, особенно в каскадах с несимметричным питанием и одноканальным сигналом, действительно есть смысл применять параметрику. Что же касается применения вакуумных выпрямителей и стабилитронов, то здесь, думаем, поможет собственный слух и опыт. Частично на это ответил Д. Андронников в статье про RB300 (одноканальный усилитель). Кремниевые стабилитроны обладают более резким «опрокидыванием» в режим стабилизации, из-за чего возникает длинный спектральный хвост, который приходится чистить скоростными конденсаторами. К тому же, шум газовых стабилитронов имеет спектральную плотность, близкую к розовому шуму, который менее раздражает и «убить» который гораздо легче. Внутреннее же сопротивление источника питания в основном зависит от сопротивления выходной емкости на частоте 100Гц. (Собственно частотные свойства фильтрующих конденсаторов и Ri проходного элемента в стабилизаторе – из той же оперы, однако, поведение каждого из них нужно рассматривать отдельно и затем «женить» элементы, не ухудшая скоростных свойств самого быстрого).

По схеме на рис. 3 не очень понятно, что такая схема будет стабилизировать, так как управление на затвор проходного элемента попадает от делителя R и сопротивления транзистора по коллектору (очень большого). Оттого, что на одном конце делителя приложено $U_{СТАБ}$ с достаточно стабильным током в параллельной цепи (тот, что отводится в цепь биполярного транзистора), еще нет гарантии особых стабилизирующих свойств схемы. Если же мы будем подавать на базу T2 сигнал ошибки, вот тогда есть смысл в ГСТ.

Схема под № 4 работает, как хотелось бы Вам, не будет! Разница на концах резистора R (У см) останется все время постоянной, т.к. ток через него стабилизирован и при возмущающих факторах роста $I_{НАГР}$ и увеличения $U_{ВХ}$ (стандартный подход в требованиях к стабилизаторам), проводящие свойства лампы останутся неизменными. При увеличении нарузки на R, лампы упадет больше напряжения и $U_{ВЫХ}$ уменьшится; при увеличении $U_{ВХ}$ вырастет ток потребления (сквозной через лампу), что при неизменном R, вызовет увеличение падения напряжения на ней и в конце концов удержит изменение $U_{ВЫХ}$ на прежнем уровне. Тогда можно говорить об обычном параметрическом стабилизаторе и лампа здесь не причем. К тому же μ у проходных ламп (6С33С, 6С19П и т.д.) очень мало, т.к. они все предназначены для работы в активном стабилизаторе с очень большим сигналом ошибки (управления) на сетке.

По поводу схемы на рис. 5. В схеме L-W у обоих каскадов разные токи анодов по постоянному току. В вашей же нижняя лампа (драйвер) должна иметь ток анода такой же, что и верхняя, что довольно проблематично.

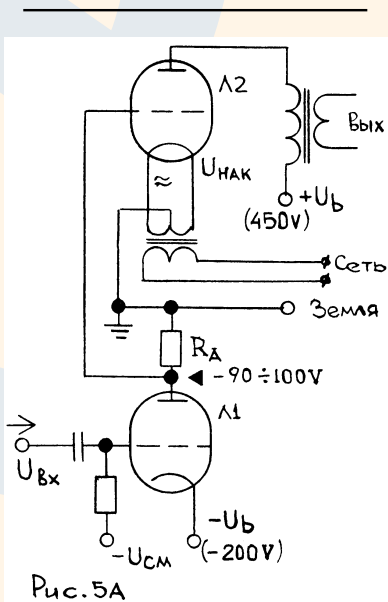


Рис. 5А

Источник $U_{СМ}$ здесь абсолютно не приемлем, т.к. он включен параллельно R_A и будет удерживать (шунтировать) всякое изменение напряжения на R_A . Зачем понадобился второй источник питания U_{A2} , коль скоро есть U_{A1} ? Наконец, помещение выходного трансформатора в анодную цепь верхней лампы делает схему похожей на каскод, но там потенциал сетки верхней лампы фиксирован (схема с общей

сеткой), что дает выигрыш по суммарному усилению. В Вашей схеме верхняя лампа усиливать не будет, так как участок сетка-катод шунтирован элементом смещения с низким внутренним сопротивлением (а как иначе? Вы знаете другой метод?). Может быть, в качестве альтернативы попробовать схему вот такую (Рис. 5А). Тогда придется помудрить с входным каскадом. Будем благодарны, если опубликуете результаты.

А.Р.А. – Ассоциация Российских Аудиофилов. Звучит вызывающе, как в отношении «Российских», так и по отношению к «Аудиофилам». Членом ее может стать человек любого пола, цвета кожи и вероисповедания. Мы лишены партийного чванства, потому нет вступительных взносов, ксив, удостоверяющих партпринадлежность; даже не удосужились выбрать/назначить вождя. Для членства достаточно вести активный образ жизни любознательного самодельщика (или профессионала), заваливать нас материалами и сообщать о здоровье любимой собаки (предпочтительно таксы, но это не обязательно вовсе). Считайте, что вы уже в рядах А.Р.А.

На момент верстки № 3 от С. Васянина пришло еще письмо с интересным предложением. О нем в № 4.

ВОПРОСЫ К НАМ . .

1. Если, по-вашему, RB300 применима для звука, то может быть и ГИ 70БТ заиграет?
2. Рекомендации по применению припоя.
3. Какие характеристики у данного каскада? Триодные, пентодные или переходные? Он рассматривается, как драйвер с большой амплитудой выхода (рис. 1).
4. Опубликуйте схемы измерений для оценки трансформаторного железа.

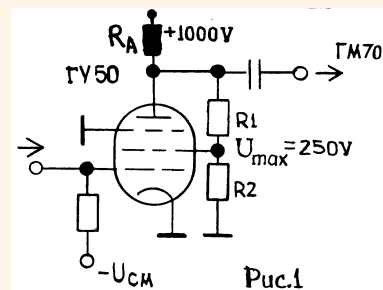


Рис.1

5. У раздобытых мною ГМ-70 плохие контакты от штыря в донышке к штырям в керамическом цоколе. Можно ли как-то припаяться к самой ножке лампы? Опытные мастера говорят, что может лопнуть стекло.

Э. Ибрагимов. Воронеж.

НАША РЕАКЦИЯ НА ВОПРОСЫ Э. ИБРАГИМОВА

1. Знакомство с конструкцией (см. статью Д. Андронникова в этом номере) RB300 и характеристиками этой лампы в священный ужас нас не повергает. Оттого, что лампа металлокерамическая, без стекла, это еще не противопоказание. Металл для баллонов ламп применялся до войны. Ее импульсность (как считается ошибочно, что высокие эмиссионные свойства катода имеют отношение к импульсному режиму работы) заключается в способности выдерживать высокие токи анода при малых смещениях на сетке, притом – длительное время. На положительные смещения

сетки лампа не рассчитана, и это не роднит ее с ГИ 70БТ.

2. Отсутствие в составе припоя свинца, кадмия и прочей дряни, понижающей температуру плавления – только плюс. Сплав серебра с оловом действительно хорошее снадобье, очень часто выдаваемое буржуями за особый дорогой припой. Однако, Sn способно со временем организовывать кристаллическую структуру, что ведет к потере однородности материала пайки. Пожалуй, Пср-4 – лучший выбор.

3. Напряжение на экранирующей сетке будет «дергаться» вместе с анодным синфазно, что позволяет считать такое соединение «триодом». Вовсе нет нужды питать каскад киловольт, это и дорого и для здоровья небезопасно. Достаточно просто включить ГУ-50 (если уж кроме нее не нашлось иных под рукой) триодом с $U_a = 250V$ при $U_{in} = 500V$. В таком включении лампа имеет $R_i = 850 \text{ Ом}$, крутизну $S = 5,8 \text{ mA/V}$, усиление = 4,8. Однако, придется работать при $I_a = 50\text{--}80 \text{ mA}$. Величину резистора нагрузки, его мощность, а также смещение на сетке первой определите сами. См. рис. 1А. Возможно, чем-то способная помочь схема драйвера к 6С33С в этом номере.

4. Вести оценку железа лишь по проницаемости, как делают некоторые, намотав измерительную катушку на один листок стали, методологически неверно. Измерение проводят в слабых магнитных полях, и

потому можно говорить лишь о начальной проницаемости, где она может быть велика у пермаллоев и мала у трансформаторных сталей. Просто включить трансформатор в сеть и померить ток холостого хода в отсутствии зазора и с ним – тоже на совсем верно. Необходимо вводить постоянное подмагничивание, считать ампер-витки, эквивалентные тем, что будут у вас в реальном трансформаторе, и только тогда делать вывод. Вообще-то, это тема для отдельной статьи, и мы ее подготовим в следующем номере. Пока же пусть хоть чем-то помогут статьи J. Moir'a и R. Berglund'a.

5. Коэффициент расширения у стекла с ножкой один и тот же, а вот проблема может возникнуть с флюсом для пайки, т.к. выводы сделаны из никеля, либо из сплава, называемого феррохром. Ковар и инвар, из которых также делались ножки, тоже плохо паяются. Пусть кто-либо из читателей поделится своим опытом.

P.S. Мы из всех сил не настаиваем на истине в последней инстанции, возможно, что адресат уже имеет свое несгибаемое мнение. Мы лишь выражаем свое, навскидку. В противном случае нам пришлось бы моделировать каждую схему и отрабатывать ее за вас. Однако, благодарим за то, что появились адресаты, готовые предложить свои решения и поделиться опытом. Это радует нас и поможет всем. – Ред.

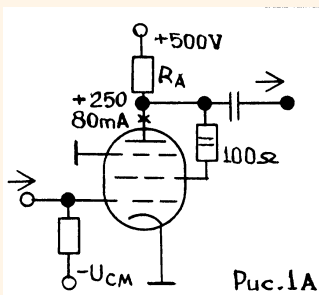


Рис. 1А

ПАНЕЛЬКА ДЛЯ 300В

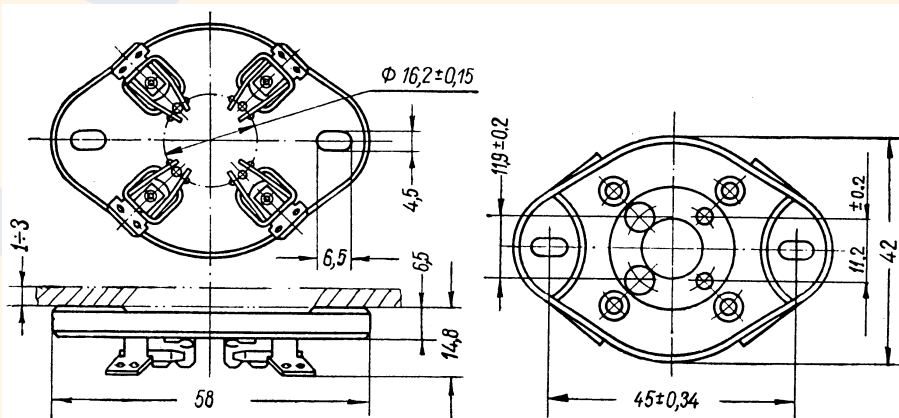
Не мудря лукаво, лампу 300В (SV72, SV811) можно закрепить за цоколь хомутом от конденсатора подходящих размеров, а к ножкам припаять соответствующие провода. Выгода в том, что переходы (контактные) сведены до минимума.

Панельку же можно сделать самому (две штучки для SE Stereo – не проблема). Контакты подойдут от панели 6С33С. Только не стоит тратить фторопласт для основания – он непрочен и на нем трудно выдержать размеры при разметке и сверлении отверстий. Для этой цели подойдет стеклотекстолит, текстолит. Ради экзотики можно использовать мрамор, микафлекс, керамику. Толщина основания 5-6 мм; чем толще, тем устойчивее будет держаться лампа. Сами

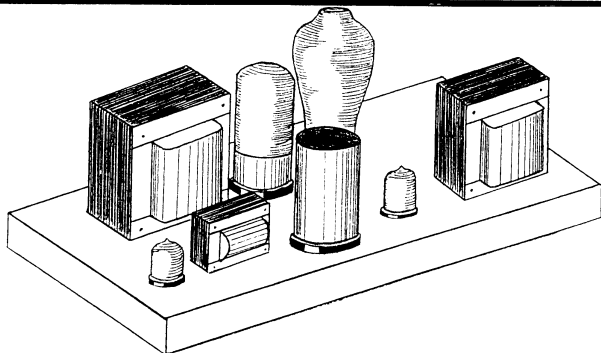
контакты на основании можно закрепить винтом М3. Возможно, цанговые гнезда обеспечивают лучший контакт, но в индустриальных/военных разъемах ШР такого калибра нет, не ищите. Вполне подойдет панель от Г811

(ее еще можно найти в медицинских аппаратах для УВЧ). А вообще-то, черт возьми, пора начать производить 300В с нормальным октальным цоколем.

А. Пугачевский.



- ✓ Каждая модель представляет собой полный усилитель мощности.
- ✓ В комплект входит подробная инструкция по сборке и настройке усилителя
- ✓ Все элементы конструктора проходят подбор и тестирование.
- ✓ Используются комплектующие военного применения.
- ✓ Для выпрямления анодного напряжения применяется кенотрон.
- ✓ Минимальное количество разделительных конденсаторов на пути сигнала.
- ✓ Оптимальное соотношение цена/качество.



№	Модель	P _{вых} , Вт	R _н , Ом	U _{вх} , мВ	R _{вх} , кОм	Кг, %	AЧХ @ -1dB, Гц-кГц (+/- dB)
I	SE 300B1m	8	8	500	50	4	18-20.5 (0.5)
II	SE 300B2m	9	8	1000	50	4½	18-20.5 (0.5)
III	PP 6B4G1m	12	8	750	50	3	20-35(0.2)
IV	PP 6B4G2m	10	8	1500	50	3	20-35 (0.2)
V	PP 5881m1	20	48	1000	50	3	18-30 (0.5)
VI	PP 5881m2	15	48	1500	50	2½	18-30 (0.5)
VII	PP 300B	25	48	1000	50	2	20-35 (0.2)

Внимание! Все модели KIT существуют и в виде готовых усилителей.

I-II. Классический усилитель на 300В. Каскад драйвера выполнен на прямокальном триоде 6С4С (6В4G).

III-IV. Двухтактный на триодах 6С4С, без обратных связей. Драйвер выполнен с использованием межкаскадного трансформатора INTERSTAGE.

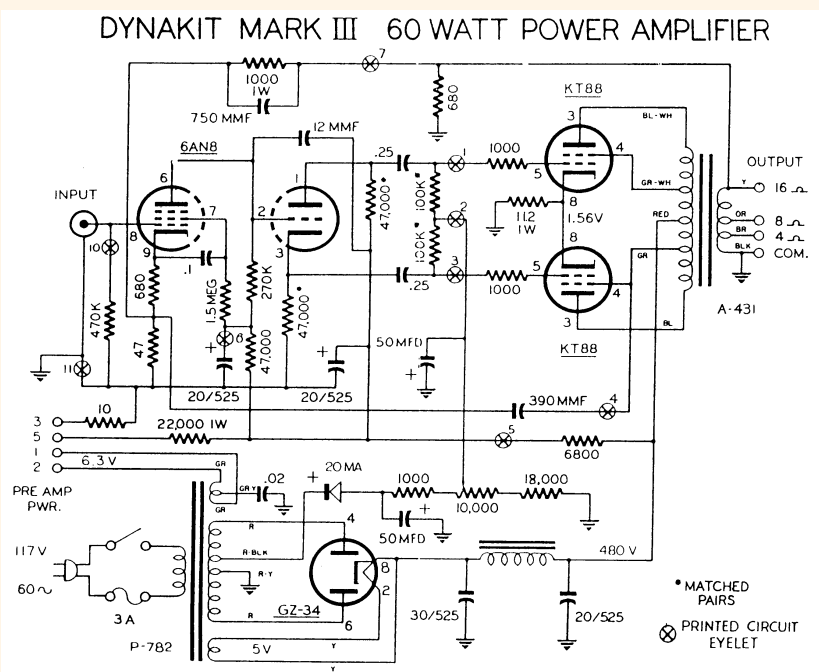
V-VI. Самый дешевый усилитель для начинающего аудиофила.

VII. Мощный триодный усилитель без обратных связей.

Помимо основных моделей, A&T Sound выпускает и другие (на заказ).

Фирма A&T Sound изменила свое название и теперь называется «Золотая Середина»
 ✉ С.Пб., Канонерская ул., д.33
 ☎ (812) 114-68-14
 ☎ (901) 975-83-82
 goldenmiddle@mail.ru

КЛАССИЧЕСКИЕ СХЕМЫ



В будущем номере

Когда принято решение о схеме усиления (предварительного, мощного), приходится задумываться о трансформаторе питания, выпрямителях, схеме фильтрации. Об этих вопросах – читайте в № 4.

В первых трех номерах достаточно кратко были освещены теоретические аспекты работы выходных трансформаторов. Аспект практический – расчет однотактного трансформатора и его конструкция будут рассмотрены в № 4.

Мнение специалиста.

Свое отношение к схемотехнике и ее внешним характеристикам усилителя «Mag 3.5» поделится простой петербургский инженер Д. Андронников

ПРИЛОЖЕНИЕ

Индукция в магнитопроводе В рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 \cdot f \cdot T \cdot A}$$

- где В – индукция;
- U – напряжение на обмотке;
- f – частота;
- T – число витков обмотки;
- A – площадь сечения железа.

К примеру, в статье: U – напряжение на нагрузке 3,4 кОм при выходной мощности 20 Вт.

$$U = \sqrt{W \cdot R_L} = \sqrt{20 \cdot 3400} = 260 \text{ В}$$

При площади сечения железа 1,5 дюйма² (10 см²) и 2400 витках индукция на частоте 50 Гц составит:

$$B = \frac{260 \cdot 10^8}{4,44 \cdot 50 \cdot 2400 \cdot 10} = 4900 \text{ Гс} = 0,49 \text{ Тл}$$

При такой величине индукции магнитная проницаемость железа примерно равна 3200, а индуктивность 2400-витковой обмотки

$$L_p = \frac{3,2 \cdot 2400^2 \cdot 3200 \cdot 1,5}{8 \cdot 10^8} = 110 \text{ Гн}$$

Отношение ωL/P = 11,5, искажения при этом (см. Рис. 17) не более примерно 1,6%.

P.S. Пусть не смущают столь большие значения магнитной проницаемости, это следствие устаревшей системы единиц CGS. Для расчетов следует убрать ноль у величины проницаемости, а степень знаменателя – уменьшить на единицу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРИОДА ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ

У Вас есть лампа, но нет на нее справочных данных. А зачастую так хочется знать ее крутизну, усиление, внутреннее сопротивление. Рассчитать их не составит особого труда по измеренным характеристикам лампы. Принципиальная схема для снятия характеристик лампы приведена на рис. 1. V1 – испытываемый триод. B1 и B2 – регулируемые источники постоянного тока с напряжением до 200% от минимального отрицательного напряжения на сетке и максимального напряжения на аноде.

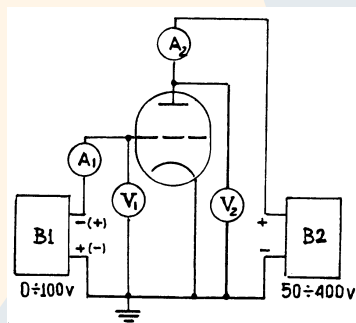


Рис. 1. Схема измерений

A1 и A2 – миллиамперметры для измерения токов сетки (при положительном потенциале) и анода.

V1 и V2 – вольтметры для измерения напряжений на сетке и аноде.

При проведении измерений следует помнить, что ни в коем случае нельзя превышать мощность рассеяния на аноде лампы, равную произведению показаний V2 и A2. Результаты измерений удобно представлять в виде семейства выходных статических характеристик (рис. 2).

Параметры лампы по характеристикам определяются с помощью известных приближенных соотношений:

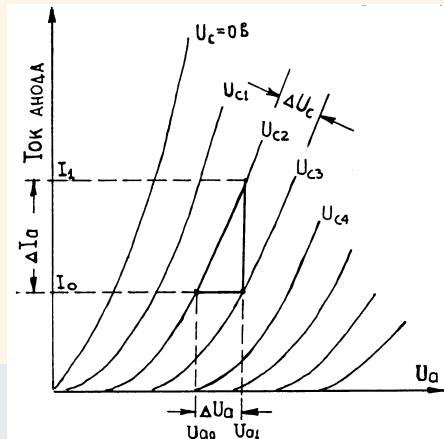


Рис. 2. Характеристика триода.

$$S = \frac{dI_a}{dU_c} \approx \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} \Big|_{U_a = U_{a0}} = \frac{I_1 - I_0}{U_{c3} - U_{c2}}, \quad (1)$$

где U_a – напряжение на аноде в интересующей точке.

$$R_i = \frac{dU_a}{dI_a} \approx \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \Big|_{U_c = U_{c2}} = \frac{U_{a1} - U_{a0}}{I_1 - I_0}, \quad (2)$$

где U_c – напряжение смещения на сетке в интересующей точке

$$\mu = \frac{dU_a}{dU_c} \approx \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} \Big|_{I_a = I_0} = \frac{U_{a1} - U_{a0}}{U_{c3} - U_{c2}}, \quad (3)$$

Точность величин S, Ri и определяет степень приближения конечных измерений анодных и сеточных напряжений и тока к отношениям бесконечно малых величин в окрестностях рабочей точки.

Этот же метод позволяет определить основные параметры лампы по уже имеющимся в справочнике характеристикам. Если известны хотя бы два из трех параметров S, Ri и μ, то недостающий можно рассчитать, воспользовавшись соотношением: μ = S Ri.

Д. Андронников

ХОРОШАЯ ЛИТЕРАТУРА

Jack KEROUAC «The Dharma Bums»/Джек КЕРУАК «Бродяги Дхармы», 1958 г.

«Да будет оттяг и благословение во веки веков», – молился я по ночам в лесу. Я все время сочинял новые молитвы. И стихи тоже. Изредка выпадал снег, и я записывал: «Заснежен и соснов, лес нежен, полон снов». Однажды сформулировал «Четыре Неизбежности: 1. Затхлые книги; 2. Неинтересная природа; 3. Скучное существование; 4. Пустая нирвана, — никуда не денешься». Или, скучными вечерами, когда ни буддизм, ни поэзия, ни вино, ни одиночество, ни баскетбол не могли утешить мою ленивую, но искреннюю плоть: «Что за суки муки скуки». Как-то вечером на своем новом выгоне через дорогу паслись утки, было воскресенье, по Каролинскому радио завывали проповедники, и я записал: «Представьте себе: благославлять всех живущих и умирающих червей в вечности и уток, которые клюют их... это и есть служба в воскресной школе». Во сне я услышал слова: «Боль — всего лишь вздох наложницы». По-шекспировски это было бы: «Ах, Боже мой, какой морозный звук».

REAL NEWS

Поскольку Эрик Барбур (E.Barbour) приглашен фирмой S.E.D. для оценки вновь разработанных ламп типа 7591, 6550, SV811, SV572, ЗСХ-300А1 и др., и поскольку наши предложения S.E.D'у не возымели действия, мы решили зайти с тыла. Барбуру отослано предложение по сети Internet. Быть может, таким «кривым» способом удастся повлиять на ситуацию в отечественной ламповой промышленности. Эрик, будь Троянским конем!

Подчиненный перед лицом начальствующим должен иметь вид лхой и придурковатый, дабы разумением своим не смущать начальства.

Указ Петра I от 9 декабря 1708 года

High End Master'ство не пропивается, а только оттачивается и шлифуется с годами!
High-End Master.

ВСЕ ЗВУКИ - ГЛЮКИ

За один хороший одноконтный отдам собственный двухконтный.
Бил Johnson "Audio Пытки"

Если вам нужны межкаскадные трансформаторы, аналоги TANGO (Nobu Shishido применяет NC-20, стоит он \$ 180), позвоните. Только не требуйте невозможного!
Дмитрий А. Тел: (812) 251-96-11.

Тишину нарушают звуки,
Возбуждается воздух светом,
Истекает покой,
Но остался ли тот,
Кто поймет истаявший смысл?

По прежнему продаем выходные трансформаторы для двухтактных усилителей. Пропитка - пара-6П3С, 6П3С-Е и др.
SPB Sound. Питер. (812)-327-51-14.

ЕНЯ КОЖДА
УБЕДУ УБРЕТ ТОКОМ

Звуки флейты пронзают в тиши,
Замирая в шепоте камыша.
Только сверчок
Согласно им вторит.

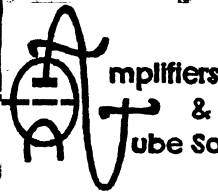
Опубликуйте, наконец, схему ректора RIAA на лампах серии "дробь".
Винильное братство.

Вполне квазилампный звук. Каждый может убедиться.
Алексей. С-Пб.
274-48-41

Если бы вся эта красота звучала хоть в половину того, насколько выглядит, это была бы победа. Наша и Ваша. Пессимист, к тому же курит Gitanes.

Любимый журнал моего папы - "Трамвай", а про все остальное он врет!
Белканова Полина

Любой усилитель Cary Audio доведу до состояния звучания.
Игорь (812)-273-33-08. Питер.



Amplifiers & Tube Sound

Санкт-Петербург
Полюстровский пр.72
(812) 2453774 доб.347

А я не буду давать рекламу и объявления на заборе!
В. Стародубцев. "Три В" (Shoreline's Daddy)

Трансформаторы: выходные, силовые.
Лампы: 6С4С, 300В и любые другие
КІТы: 300В SE, 6С4С РР
Усилители: любые
ВСЕ, что связано с ХОРОШИМ ЗВУКОМ!

Прежде, чем сходить с ума по однотактикам, послушайте хороший двухтактник.
Старик George Ohm из Харькова.

- Как вам тестовый компакт "Аудио магазина"?
- Это лучший в мире CD-Test, как они сами считают.
- А как вы-то считаете?
- А зачем мне считать иначе?

Слушай беззвучие,
Слушай и наслаждайся тем,
Чего тебе не давали в жизни --
Тишиной.
Марго.

МАКАРОВ

ГЕНИЙ
Yes!

Вам лампы нужны? Их есть у меня!
А фторопластовые конденсаторы? Да завались!
Анатолий. Питер. 156-71-64 Лучшее вечером.

Редакция уже приобрела подшивку "Радиолоб" с 24 по 30-й г.г. Теперь хотелось бы одну-единственную лампочку WE (Western Electric). Неужели во всей России нет ни одной? Ред. "Вестник А.Р.А."

CD проигрыватели NAD могут звучать, попробовал на Сергей. Питер. 112-78-82.

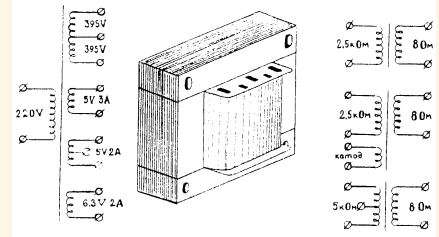
Мужики! С Новым Годом! Может выпьем чего, заодно и музыку послушаем.
Крен, старый

фраза текущего момента:
"Столько всего до х..., что просто е.... можно.
Иордан Д.

Мужчины! Прекратите выделываться!
Ваша Вика.

Конструкторы (KIT), лампы и комплектующие – A&T Sound Выходные трансформаторы

- Расчет и изготовление трансформаторов производится по методикам Цыкина и Dr.Partridge.
- Наибольшее внимание уделяется обработке и тестированию магнитопровода.
- Все трансформаторы проходят настройку и контроль в выходных каскадах при номинальных режимах.
- Изготовление любых трансформаторов по индивидуальным заказам.

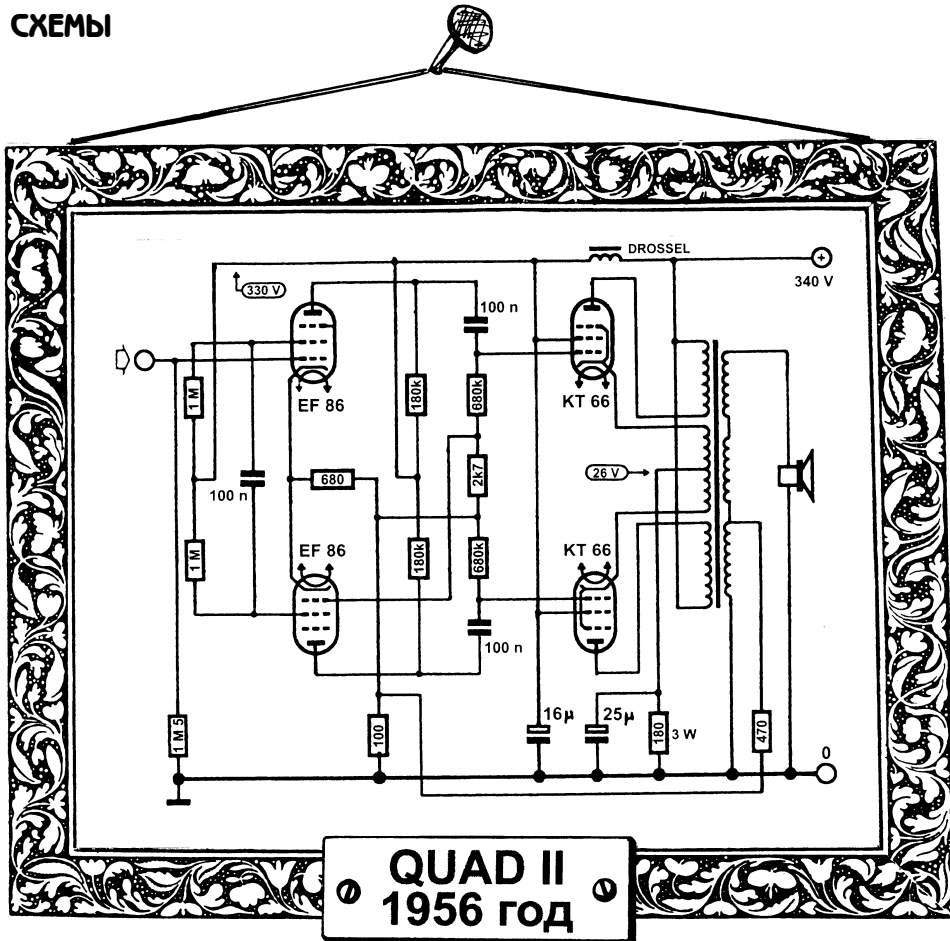


Рекомендуемые лампы	Pmax	R I-R II	Тип	AЧХ @ -1dB Гц-кГц	Примечания
300B, 6C4C, 2A3, 6550	20	2.5кОм-8Ом	SE	18-20.5	90МА
2x300B, 2x6C4C, 2x2A3	30	1.25кОм-8Ом	PSE	18-20.5	180МА
300B, 6C4C	30	5кОм-4/8Ом	PP	20-35	
6L6, 6П3С, 5881, EL34	40	6кОм-4/8Ом	PP	18-30	
6П3С, 5881	40	6кОм-4/8Ом	PP	18-30	UL
5881, EL34	20	3.5кОм-8Ом	SE	20-20	90МА
300B, 6C4C	20	2.5кОм-4/8Ом	SE	18-20.5	90МА, катодн.св.

Кроме этого, A&T Sound может предложить Вам услуги по подбору ламп (лампы проходят термотренировку в течение 48 часов, после чего подбираются по основным параметрам), прочие комплектующие ламповых УМ, другие ламповые конструкции - корректоры RIAA, телефонные и предварительные усилители , а также многое другое.

«Золотая Середина»
С.Пб., Канонерская ул., д.33
☎ (812) 114-68-14
☎ (901) 975-83-82
goldenmidle@mail.ru

КЛАССИЧЕСКИЕ СХЕМЫ



НЕ ВРЕМЯ ВЕШАТЬ НОС!

И, пожалуйста, не воспринимайте это, как проявление фальшивого оптимизма.

Как вы заметили, в журнале (в первых двух номерах) абсолютно нет рекламы, может быть, кроме «Объявлений на заборе». Теперь вот появилась. Это не наша продажность, это желание компаний дать информацию о себе, чтобы в конце концов оказаться полезными тебе, читатель. Нет большей беды для издания, когда, желая заполучить побольше рекламодателей, оно оказывается в полной зависимости от рекламных денег. Издание такое никак не влияет ни на рынок, ни на индустрию, на которую ориентировано. Оно попросту становится самодостаточным, и очередной тираж выходит в силу инерции – не сходить же с подмостков, в самом деле. «Вестник» уже влияет на ламповую промышленность, в чем Вы убедитесь в самое ближайшее время.

Да, мы нахально заявляем, что рекламодатели нам нужны, и они у нас будут. Взамен обещаем, что материалы на наших страницах станут более интересными и приближенными к реальному audio. Если кто-либо представит что-либо «полупроводниковое», значит появятся статьи с конструкциями на транзисторах. В этом беды нет. Главное, чтобы опусы, как технико-литературные, так и откровенно технарские, были ясны, точны и могли чему-либо научить других.

Мы потихоньку выполняем свои обещания: наконец, опубликовали схему на RV300-3CX, часть суперпроекта. На очереди тема с акустикой и предварительным усилителем (с корректором RIAA для винила). Поделитесь реальным инженерным расчетом выходного трансформатора и даже представим некоторые из них для оценки на очередной выставке Рос Хай Энд' 95, буде она состоится. А если случится чудо, и нам предоставят в пользование Clío и Sofia, то Вас ждут весьма интересные публикации конструкций на ВЧ тетрадах и отечественных микролампах, благо, военная техника весьма способствовала их появлению и развитию. Можете начинать приглядываться к различным ГУ, ГК и сверхминиатюрным «дробям». Это будет большой сюрприз. Вообще-то, играть роль локомотива тяжело. Мы не способны перемолотить кучу идей и воплотить их в железе для общедоступной публикации. Потому нам более, чем реклама, нужны Ваши идеи, Ваши вопросы (пусть не всегда технически корректно поставленные).

Настоящие DIY-еры не должны, раскрыв рот, дожидаться следующего номера «Вестника», но сами пробираться сквозь дебри, бросать вызов общепринятым понятиям. Официальные журналы весьма хитроумно используют аудиомифы, уводя читателей все дальше от истины – ЛУЧШИЙ АППАРАТ ТОТ, КОТОРЫЙ ПОСТРОИЛ САМ. Мы давно заметили, что настоящие «монстры» звука – Нобу К. Шишидо (N.K. Shishido), Эрик Варбур (E. Barbour), Рик Берглунд (Rickard Berglund), Нел-

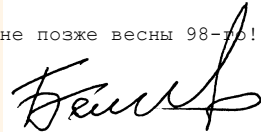
сон Пасс (N. Pass) и другие, никогда не «блудят языком» по поводу суперэлементов и суперсхем. Прекрасно разбираясь и в том и в другом, они прежде всего реализуют собственную идею, доводя ее до известного инженерного шика. И поэтому нас несколько смущает приверженность соотечественников к самым что ни на есть суперлампам (300В – dream Tube), экзотическим конденсаторам и выходным трансформаторам с серебряной обмоткой (на худой конец – бескислородной медью). Что, с остальным уже все в порядке? Вам уже ничто другое не подходит, как только самое лучшее в мире? Так можно долго сидеть и ждать, когда эта экзотика, наконец, станет доступной, при этом ничего не делать. Как только она окажется у Вас на столе, в рекламе появится другая, и вновь сомнениям не будет конца.

Смелее пробуйте свои варианты и чаще плывите на позлащенные импортные игрушки. Это искушение не стоит того кайфа, который испытаете Вы, сделав свой первый аппарат на понятных и доступных элементах. После этого спадет пелена мистики и другого таинства, Вы поймете, что пришла пора совершенствоваться и идти дальше в своих требованиях. Не теряйтесь под напором рекламы.

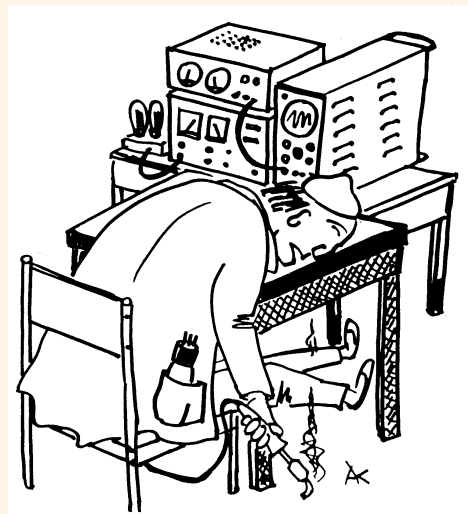
А за своего читателя и рекламодателя мы будем бороться!

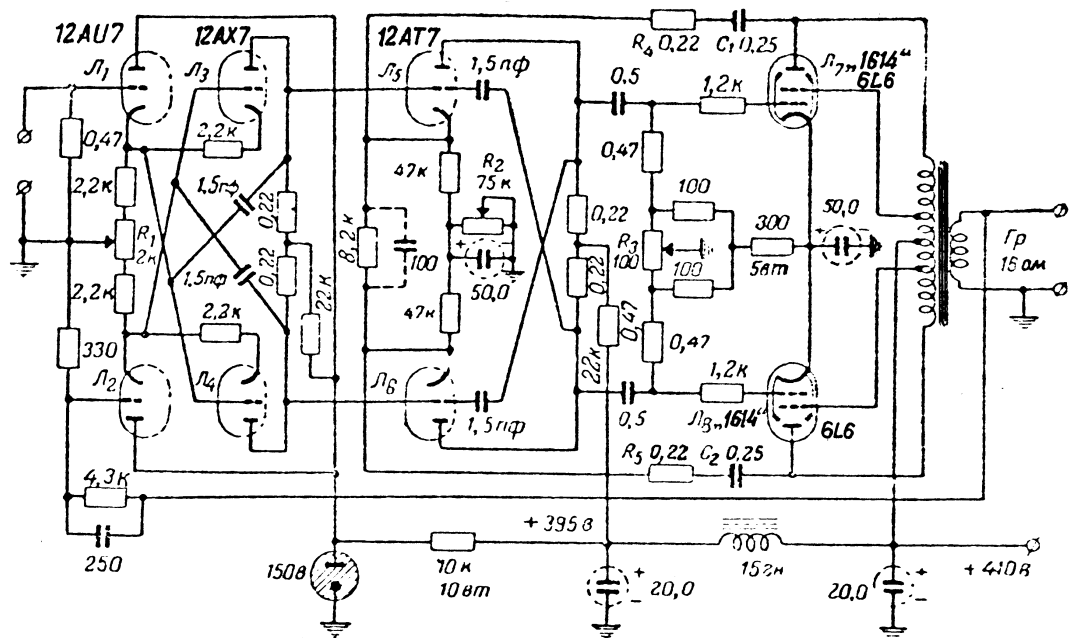
Встретимся не позже весны 98-го!

И.о.гл.ред.



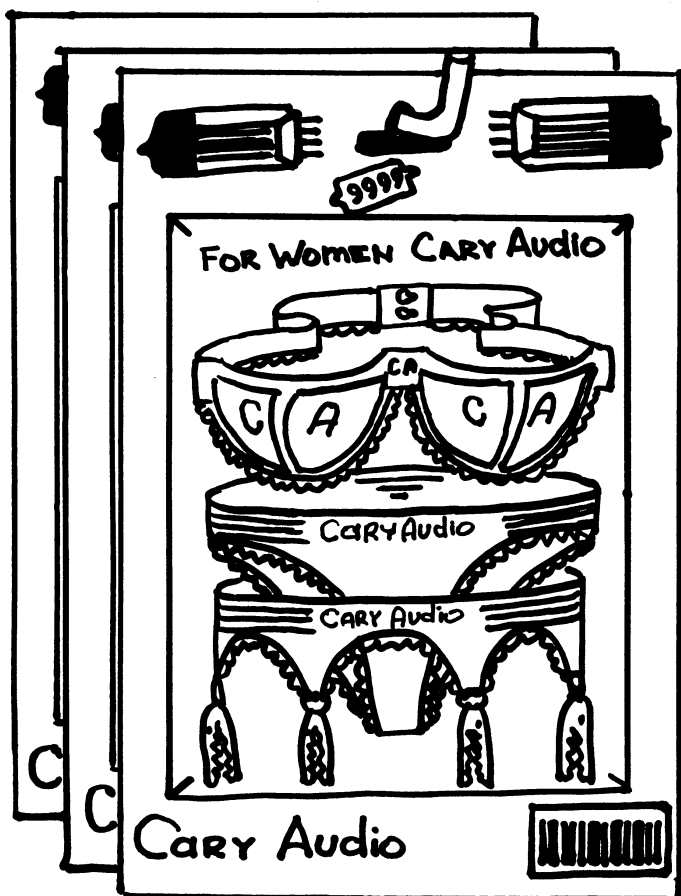
А. Белканов





Принципиальная схема оконечного усилителя с выходной мощностью 20 вт, построенного полностью по двухтактной схеме.

С НОВЫМ ГОДОМ ОТ С.А.!



AK

Сердечное спасибо всем, принимавшим участие в создании журнала, его изготовлении и распространении:

Оформление журнала: Яркина Л. (Питер), Кузьмин А. (идиотские рисунки – это его рук дело), Тихонович Е. – верстка.

Материалы: Решетнев А. (ламповая компания Nine, тел: (812)553-27-23, Пугачевский (ф. A&T Sound – ламповые усилители)).

Мат. помощь: Егоров С. (ламповая компания Nine).

Всемерная помощь: Фролов В.В. (ф. Фактор-Сервис).

Бескорыстная помощь: Борисов М., Цветиков Евг.

Распространяли журнал: Natilus (г. Москва), Шляхов А. (г. Москва), Дмитриев А. (г. Омск), Малышев Ю. (г. Харьков), Васянин С. (г. Тольятти), Пугачевский А. (г. С.-Петербург).

А также благодарим тех читателей, кто не поленился написать и отправить письмо в нашу сторону. Мы их (эти послания) по-прежнему ждем. Наш адрес: 192284, г С-Пб, ул.Димитрова, д.7, корп.2, кв. 93. Позвонить можно по тел: (812) 101-4769. Отправить факс: (812) 251-0319.

PAST AUDIO

194044, С-Петербург,
ул. Менделеевская, 2



M-7
Ламповый однотактный усилитель
25 W, катодное включение, без ОС,
полоса 1-100000 Гц. Лампы - 6Ф12П,
6550/EL34,
300B

SF-1
400 VA x 2, 100 VA, 50 VA x 2,
гальваническая развязка от сети,
защита от перенапряжений и
ВЧ помех,

P-1
Пассивный контроллер,
5 Вх/4 Вых, для bi-amping,
селектор записи, режим
DIRECT

C5 C6 C7
RIAA корректор (MM), линейный,
отдельный БП, кенотроны,
лампы 6Н23П-ЕВ/6ДЖ8

ДИЛЕРЫ

Москва, "Панорама" (095)-921-16-43, 924-53-81,
СПб, "Империя Звука" (812)-183-60-00
Сервис: Москва, Лихов пер., д.5 (095)-299-54-39

LS-1
**3 пары АС и
2-х телефонов**



Этим летом в Люберецком ДК со-
стоялось значительное со-
бытие: слушали акустическую систему.
Фокус в том, что система не совсем
обычная, так как излучателем являет-
ся толстое (7мм) стекло. Возбуждение
происходит от специальных «движите-
лей» электродинамического типа. Раз-
меры стекла порядка 600x1000мм.

Система многополосная, однако излу-
чатель единый и, несмотря на массу
(около 7кг) стекла, нехватки высоких не
ощущалось. В нижнем диапазоне систе-
ма уверенно воспроизводила 20Гц,
при этом мощности лампового усилите-
ля (Gubin Labs, 20Вт) вполне хватало.
По измерениям чувствительность систе-
мы около 91-93дБ. Неплохо бы ей
оказаться на РосХай Энде, если с сис-
темой ничего до этого времени не слу-
чится.

Петербургская фирма А&Т Sound
уверенно сформулировала
свою деятельность: производство
ламповых конструкторов (KIT). Они
адресованы в первую очередь небога-
тым любителям, хотя есть модель и для
состоятельных людей, помешанных на

аудиотворчестве. Выходные транс-
форматоры обещают уложиться в диа-
пазон \$ 50-100. Если этих \$ у вас боль-
ше, возможно и «only for you». Long Live,
A&T Sound!

Вслед за Manley фирма SPb
Sound также решила осилить
однотактник на 6М70. В отличие от аме-
риканского, наш будет стоить суще-
ственно дешевле и, хотя продолжает
быть недоступен каждому, для серьез-
ных людей цена покажется сносной. К
двум моноблокам предлагается и пред-
варительный усилитель. По утвержде-
нию В. Медведева (руководителя SPb
Sound), «пред» создан специально для
работы с новыми усилителями. Так что
тот, кто захочет приобрести всю трои-
цу, поступит мудро.