

CLASSA

эпос
и французские МОСFЕТ'Ы

Что
может
SONY

сделать с
"цифрой"

ТРИОН

ИЗ ПОДРУЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

DVD AUDIO-РЕВОЛЮЦИЯ,

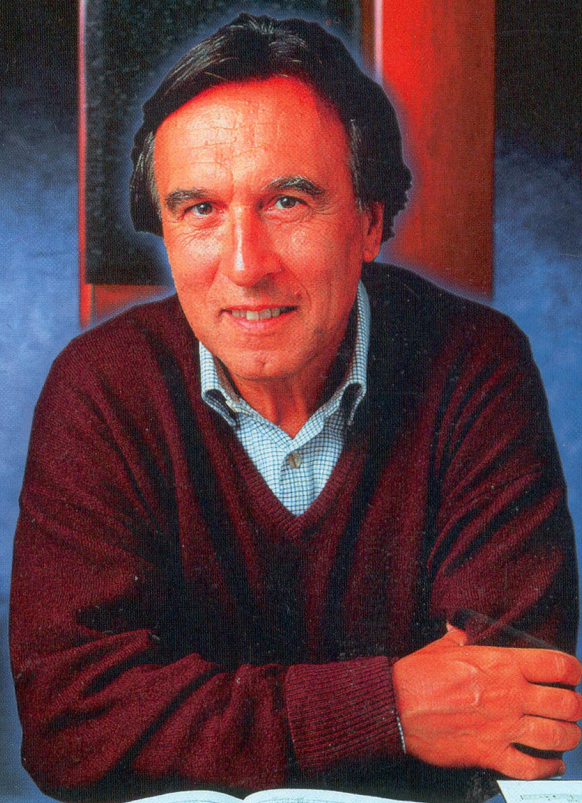
DVD

ПАНАЦЕЯ,

МИСТИФИКАЦИЯ ???

НОСТАЛЬГИЯ

COPLAND'У



РЕГАЛИИ
КЛАУДИО АББАДО



ТРИОД ИЗ

Многие самоделщики Hi-Fi- и High End-техники, особенно проживающие за пределами Москвы, Санкт-Петербурга и других крупных городов, склонны упрекать нас в том, что мы постоянно дразним

их творческое воображение, непрерывно упоминая такую недоступную им ламповую экзотику, как 300B, 2A3, 211 и многие другие дорогостоящие и дефицитные лампы. В то же время на обширных просторах нашей в прошлом необъятной родины буквально везде, как мне кажется, можно найти отечественные лампы, некогда широко применявшиеся как в бытовой, так и в спецтехнике, а ныне пылящиеся на складах и кое у кого в домашних запасах. Речь идет о таких лампах, как 6П14П, 6ПЗС, 6ПЗ6С, ГУ-50 и т. д. На мой взгляд, используя эти лампы в аудиотехнике соответствующим образом, можно получить прекрасные результаты.

Чаще всего самоделщики стремятся применять в своих конструкциях популярные пентоды и лучевые тетроды в триодном включении. При этом, пытаясь рассчитать, например, выходной каскад, любители сталкиваются с несколькими препятствиями, основные из которых: во-первых, отсутствие в широко распространенных справочниках вольтамперных характеристик (ВАХ) этих ламп в триодном включении, во-вторых — разочаровывающе низкое предельно допустимое напряжение экранной сетки, указываемое в справочных данных (в случае триодного включения пентодов или тетродов эта величина соответственно ограничивает и величину анодного напряжения) и, в-третьих — возможный значительный разброс параметров различных экземпляров однотипных ламп (в зависимости от изготовителя, степени выработки ресурса и т. д.).

В настоящей статье я попытаюсь поделиться своим опытом и помочь самоделщикам в преодолении по крайней мере первых двух препятствий. Третье же может быть преодолено

путем тщательного отбора ламп, который желательно производить после их «тренировки». Операции тренировки и отбора вполне доступны для выполнения в домашних условиях без специального оборудования (об этом мы поговорим в одном из следующих номеров журнала).

Первое из перечисленных затруднений помогут преодолеть приводимые далее анодные ВАХ пентодов и лучевых тетродов широкого применения в триодном включении, частично заимствованные из самых различных источников, а частично измеренные автором (поскольку, увы, далеко не все удалось найти во множестве просмотренных мною справочников и журналов, в том числе зарубежных).

Что же касается второго обстоятельства, то попробую изложить свои соображения о том, почему возможно превышение некоторых предельно допустимых значений без существенного ущерба для ресурса ламп и надежности работы усилителя в целом.

Как правило каждый конкретный тип лампы разрабатывается преимущественно для конкретного применения. Например, 6П14П/EL84 — пентод для работы в выходных каскадах усилителей низкой частоты; 6ПЗ6С (ее весьма приближенный зарубежный аналог — EL500) — лучевой тетрод для выходных каскадов строчной развертки телевизоров; ГУ-50 — генераторный лучевой пентод для усилителей мощности диапазонов КВ и УКВ (до 100 МГц). Этому основному назначению разработчик подчиняет геометрию электродной системы и рекомендует рабочие и предельно допустимые режимы (вообще говоря, исходя при этом, во-первых, из требований, накладываемых основным назначением лампы, а во-вторых, стремясь обеспечить при установленных в данном производстве технологических допусках максимально возможный выход годных ламп при сохранении заданного среднего ресурса).

В частности для пентодов и лучевых тетродов предельные величины рассеиваемой анодом мощности ($P_{a \max}$) и напряжения второй (экранной) сетки ($E_{c2 \max}$) могут быть рекомендованы не столько из соображений электрической и тепловой прочности, сколько исходя из требований подавления динатронного эффекта (напомню, что динатронный эффект — это возникновение вторичной эмиссии с анода на вторую сетку, когда мгновенное напряжение



Рис. 1а

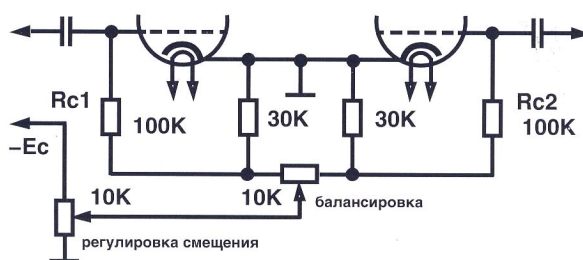


Рис. 1б

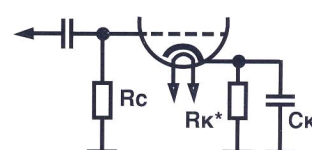


Рис. 2а

ПОДРУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

$E_{a2} < E_{c2}$; третья (защитная) сетка в пентоде или лучеобразующие пластины в лучевом тетроде служат для создания условий, способствующих подавлению динаatronного эффекта).

Как правило лампы для строчной развертки и тем более высокочастотные генераторные лампы разрабатываются с большим «запасом» по отношению к номинальным рабочим режимам, чем лампы, основным назначением которых является работа в выходных каскадах УНЧ. Кроме того, для первых и вторых важным моментом является обеспечение электрической прочности при импульсных анодных напряжениях (импульсы с крутыми фронтами и амплитудой до 10 кВ). Электрическая прочность электродной системы ухудшается по мере выработки ресурса. Причиной является постепенное распыление материала электродов (в первую очередь оксидного покрытия катода) и оседание продуктов распыления на электродах, внутренней поверхности баллона и изоляторах (слюде), несущих электроды лампы. По той же причине постепенно возрастает склонность лампы к появлению термоотоков первой (управляющей) сетки. Помимо этого, постепенное ухудшение вакуума (из-за «натекания» микроколичеств воздуха и вследствие газоотделения из электродов и других элементов конструкции лампы) также ухудшает электрическую прочность и способствует увеличению обратного тока первой сетки.

В качестве наглядного примера рассмотрим внимательно две хорошо известные лампы: EL34 и 6П45С. На первый взгляд может показаться странным, что при не менее чем вдвое большей поверхности анода 6П45С (по сравнению с EL34) нормируемая ТУ $P_{a \max}$ составляет всего 35 Вт, тогда как для EL34 в ТУ указана величина 28 Вт. Для второй сетки 6П45С указываются величины $P_{c2 \max} = 5,5$ Вт и $E_{c2 \max} = 300$ В, а для EL34 эти же величины составляют соответственно 8 Вт и 425 В, хотя невооруженным глазом видно, что площадь поверхности экранной сетки 6П45С гораздо больше, чем у EL34, и теплоотвод от ее витков гораздо эффективнее, да и расстояние между второй сеткой и другими электродами у 6П45С приличное. С другой стороны, 6П45С рассчитана на работу при токе анода в импульсе до 1 А (средний ток может достигать 500 мА) и пиковых анодных напряжениях до 8 кВ. Кроме того, если для EL34 по ТУ величина сопротивления утечки первой сетки не должна превышать 50 кОм при фиксированном смещении и 250 кОм при автоматическом, то для 6П45С эти величины составляют 500 кОм и 2,2 МОм соответственно.

Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что при использовании в аудиоаппаратуре пентодов и лучевых тетродов в триодном включении возможно превышение некоторых из указанных в ТУ (для стандартного пентодного или тетродного режимов) предельно допустимых величин, в первую очередь напряжения экранной сетки и в отдельных случаях мощности, рассеиваемой анодом. Ни в коем случае не следует превышать предельно-допустимое среднее значение тока катода (!), так как это резко сокращает срок службы ламп, даже если другие параметры рабочего режима не превышают пределов, указанных в ТУ. Вторая величина, которую не следует превышать ни в коем случае, — сопротивление резистора утечки первой (управляющей) сетки (повышенное значение этого сопротивления приводит к неустойчивости рабочего режима и сокращению срока службы ламп, особенно с повышенной крутизной). И, наконец, третий важный момент, о котором не следует забывать: при прочих равных условиях использование ламп с автоматическим смещением существенно повышает надежность их работы (по сравнению с фиксированным смещением) и понижает чувствительность каскада к изменениям анодного напряжения.

Напомню традиционные топологии цепей смещения. На рис. 1а изображен простейший способ подачи фиксированного смещения, на рис. 1б — часто используемый в двухтактных каскадах способ, повышающий удобство балансировки каскада по постоянному току. На рис. 2 приведены примеры построения цепей автоматического смещения: 2а — простейшая цепь автосмещения, которая применяется как для однотактных, так и для двухтактных каскадов (если организуется независимое смещение для каждой лампы, возможен менее жесткий попарный отбор ламп, кроме того, исключается взаимное влияние ламп друг на друга по постоянному току); 2б и 2в — цепи автосмещения, применяемые для мощных ламп прямого накала при питании переменным током (что чаще всего предпочтительно). Переменный резистор R_n (его низкое качество пагубно влияет на звук!) позволяет добиться минимального фона. Мой опыт свидетельствует о том, что при строго симметричном выполнении накальной обмотки силового трансформатора (в схеме 2в) разницы между схемами, изображенными на рис. 2б и рис. 2в, с точки зрения подавления фона нет. На рис. 2г и рис. 2д приведены возможные варианты автосмещения в двухтактных каскадах.

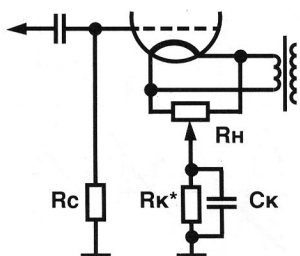


Рис. 2б

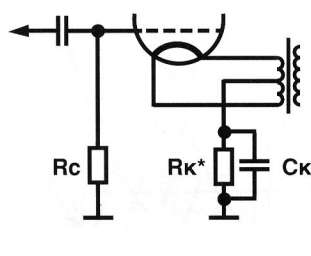


Рис. 2в

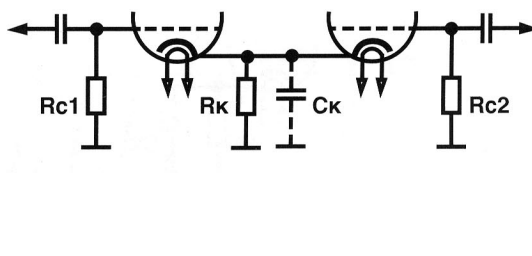


Рис. 2г

Схема на рис. 2г проста, однако предполагает высокую степень идентичности ламп. Схема на рис. 2д позволяет практически всегда добиться отличной балансировки каскада и часто оказывается предпочтительной. Кстати, иногда в иностранной литературе такой способ подачи смещения называется «Williamson style resistor arrau», так как применялся в классическом усилителе Вильямсона. На рис. 3 показан вариант так называемого полуавтоматического смещения, применение которого позволяет получить стабильность рабочей точки, близкую к стабильности, обеспечиваемой автосмещением, но при этом уменьшить мощность, потребляемую резистором смещения в цепи катода. Для одной лампы величина R_k при полуавтоматическом смещении выбирается исходя из соотношения $R_k [\text{кОм}] \approx (1,5 \div 2)/S [\text{mA/V}]$, для двух ламп с общим сопротивлением в катодах — $R_k [\text{кОм}] \approx (0,8 \div 1,2)/S [\text{mA/V}]$, для обеспечения возможности балансировки могут быть применены схемы на рис. 1б или 2д. Во всех вариантах схем на рис. 2 и 3 присутствует конденсатор C_k , оказывающий заметное влияние на звук.

Если для схем на рис. 2а — 2в это очевидно, то в схемах на рис. 2г — 2д теоретически этот конденсатор не требуется (если двухтактный выходной каскад работает в «чистом» классе А, то на резисторе R_k переменная составляющая катодных токов ламп отсутствует). Практика же показывает, что C_k может быть необходим (это выясняется опытным путем). Например, музыкальное звучание усилителя по схеме RCA («Class A», февраль, март 1997 г.) превращается в нечто кошмарное при отключении этого конденсатора (C_8 на схеме усилителя). В других случаях, наоборот, лучшее звучание может быть получено при отсутствии этого конденсатора. Кстати, с аналогичным эффектом мне довелось столкнуться и в дифференциальных драйверах, раскачивающих триоды с малым μ , требующих напряжений на сетках с амплитудой до 100 — 120 В.

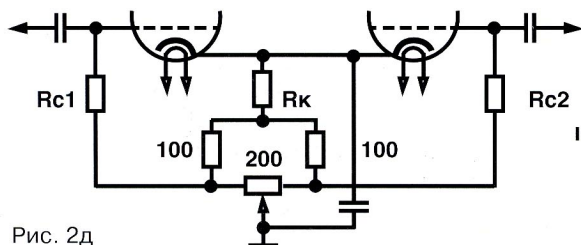


Рис. 2д

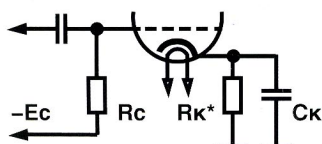
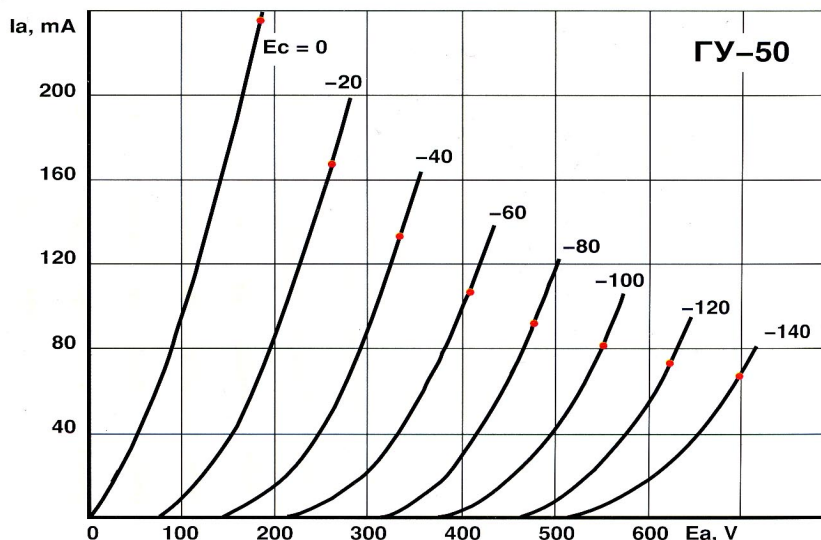
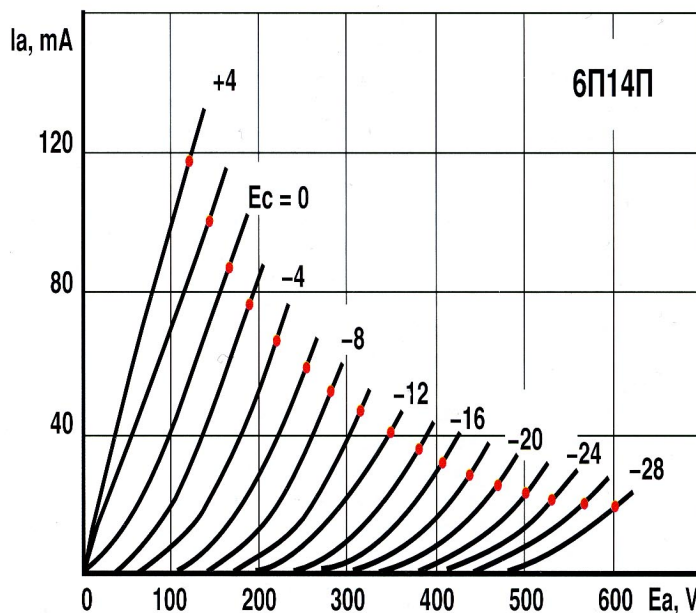
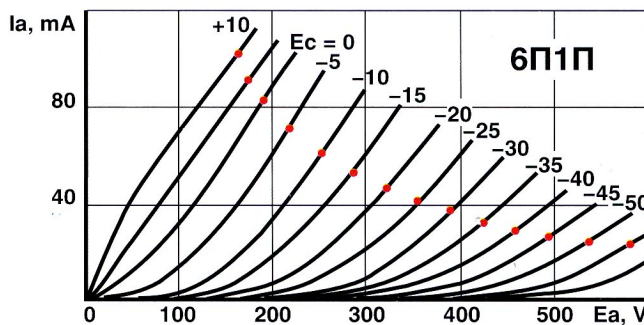
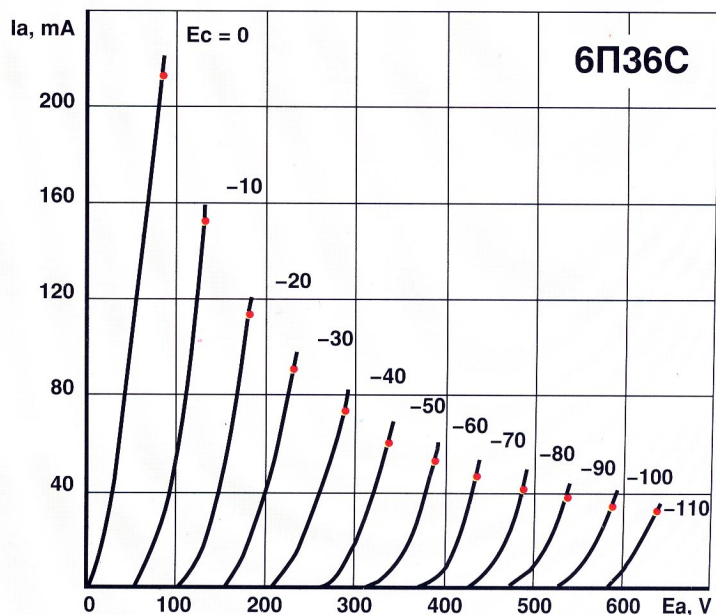
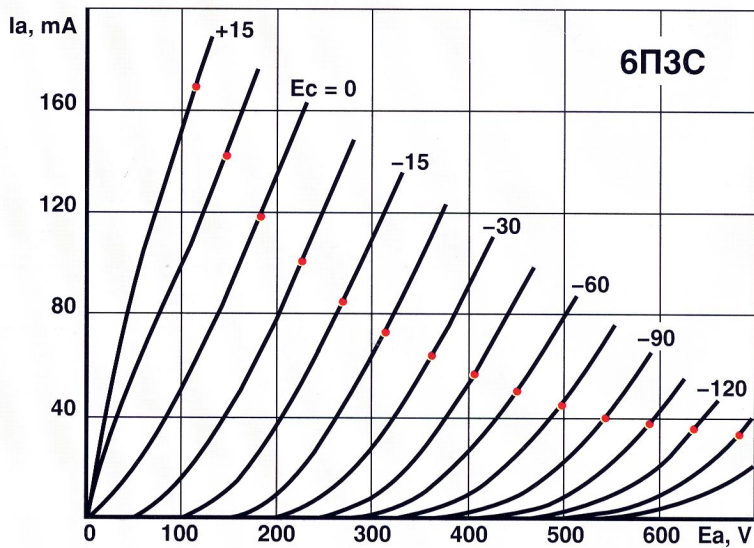
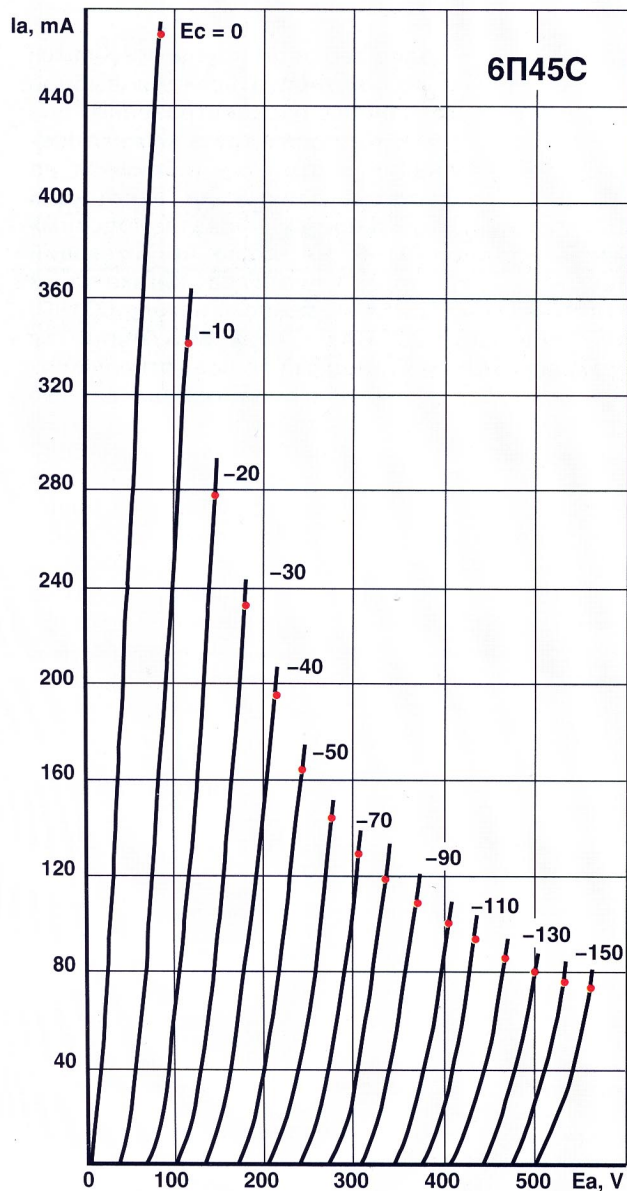
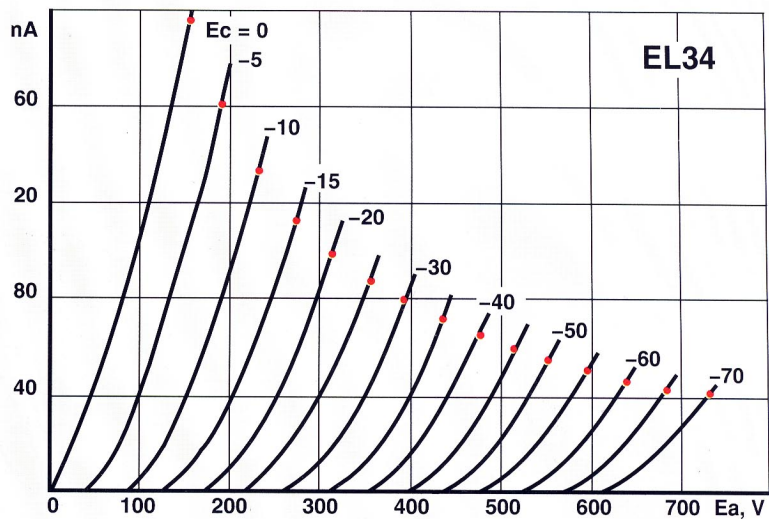
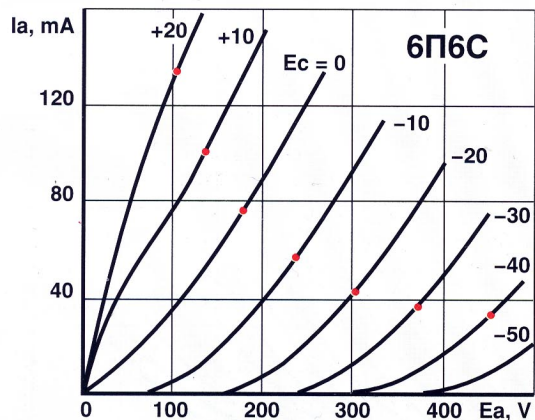
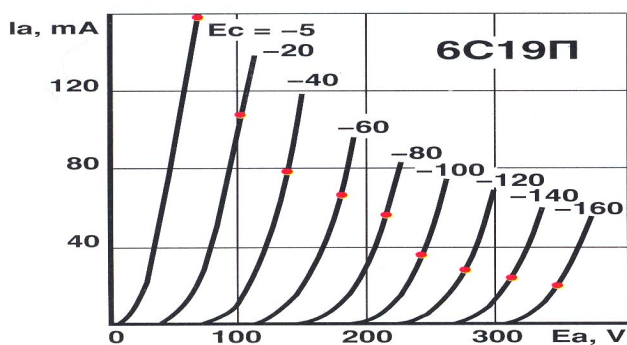
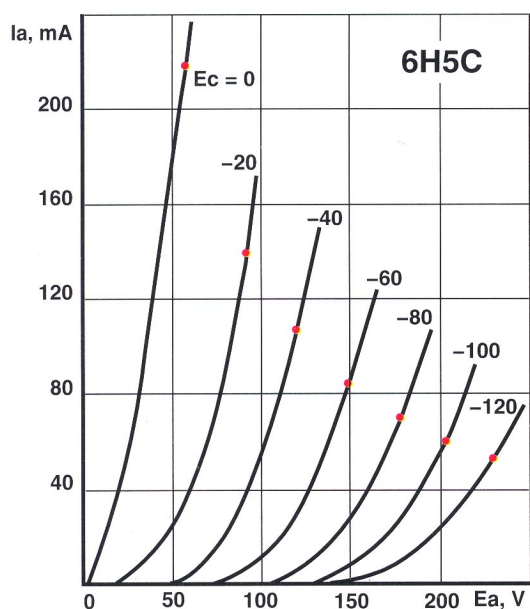
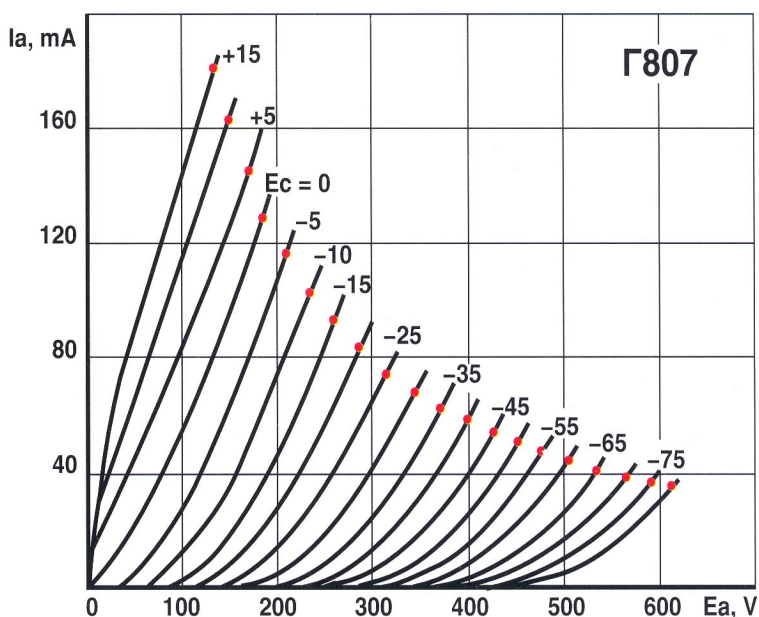
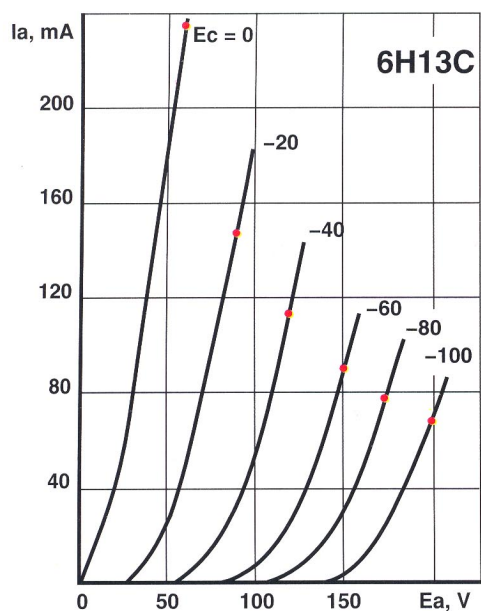


Рис. 3







Приводимая далее таблица, я надеюсь, поможет читателям сориентироваться при выборе рабочих режимов широко распространенных выходных пентодов и тетродов в триодном включении. Для сравнения в этой же таблице и на графиках содержатся данные по некоторым достаточно популярным «светлановским» мощным триодам. В их числе не имеющий прямых зарубежных аналогов уникальный отечественный триод косвенного накала 6C19П, по линейности ВАХ конкурирующий с прямонакальными триодами во всех отношениях «на равных», а также его непосредственные предшественники — двойные триоды 6H5C (имеет приближенные зарубежные аналоги 6080 и 6AS7) и 6H13C, заслуживающие, на мой взгляд, отнюдь не менее пристального внимания самоделщиков, чем перечисленные выше пентоды и лучевые тетроды. В таблицу включены данные из различных источников, а также результаты, полученные экспериментальным путем сотрудниками редакции. Более подробные рекомендации по применению конкретных типов ламп планируется опубликовать в одном из ближайших номеров журнала.

Никита Трошкин

Примечания:

1. Красные точки на графиках анодных характеристик ламп указывают максимально допустимую мощность рассеяния на аноде;
2. Сознательно не привожу данные по лампам 6P3C, так как, во-первых, считаю нецелесообразным их применение в высококачественной аудиотехнике (см. журнал *Аудио Магазин* N 3 (8), 1996г., с. 53. После этой публикации, как выяснилось, предпринимались курьезные попытки применить как в непеределанном, так и в переделанном усилителях «Прибой» лампы ГУ-19 (например, заметка А. Белканова в журнале «Салон AV», февраль-март 1997г., с. 71), но на мой взгляд это тупикивый путь), а во-вторых, все, на что способна эта лампа, реализовано А. Лихницким в его варианте переделки «Прибоя» (*Аудио Магазин*, N1(6), 1996г.).

Тип лампы	Р _а max, Вт	Класс усиления	I _{а0} , mA	E _{а0} , В	E _{с1} , В	Ориентир. значение сопротивл. нагрузки R _{аа} , кОм	Ожидаемое значение выходной мощности,* Вт	Рекомендуемое максимальное сопротивление утечки,** кОм	Примечания
6П1П	12	A	35	320	-24	10	4	200/100	
		AB1	25	320	-27	6	6		
6П6С	14	A	42	320	-22	10	4	200/100	
		AB1	28	320	-27	6	6		
6П14П	14	A	45	320	-9	10	4,5	200/100	Работа с фиксированным смещением не рекомендуется
		AB1	30	320	-12	6	7,5		
6ПЗС Г-807 6П7С	24	A	60	400	-36	8	8,5	270/70	***
Г-807 6П7С	24	AB1	53	450	-44	5	12	— /70	Может потребоваться отбор по качеству центровки анода относительно других электродов
EL-34	32	A	80	380	-27	6	14	100/50	
		AB1	70	420	-34	4	18	— /50	
ГУ-50	40	A	90	400	-62	5	18	100/50	
		AB1	70	450	-80	3	24	— /50	
6П36С	20	A	68	300	-45	6	16	50/50	Повышенная склонность к паразитной ВЧ-генерации Повышенная входная емкость
		AB1	56	360	-55	4,5	27	— /50	
6П45С	40	A	125	300	-70	3	24	50/50	Повышенная склонность к паразитной ВЧ-генерации Повышенная входная емкость
		AB1	100	360	-100	2	36	— /50	
6С19П	12	A	60	200	-65	5	6	100/100	
		AB1	40	250	-100	3	10	— /50	
6Н5С	13	A	65	200	-83	5,2	8	270/70	Требуется тщательный отбор по идентичности двух триодов в одном баллоне
		AB1	50	250	-115	3,6	12	— /100	
6Н13С	13	A	80	150	-63	3,6	8	270/70	Требуется тщательный отбор по идентичности двух триодов в одном баллоне
		AB1	70	180	-90	2,7	12	— /100	

* двухтактная схема, по одной лампе в плече;

** в числителе — при автосмещении, в знаменателе — при фиксированном смещении; прочерк означает нежелательность использования автосмещения при реализации класса АВ1;

*** лампа 6П7С является полным аналогом 6ПЗС (и почти полным аналогом Г-807), предназначенным специально для схем строчной развертки. Внешне отличается от Г-807 только стандартным октальным цоколем.

Ищите простоту и

Процедура измерения стандартных характеристик

При измерениях используется комплекс MLSSA (в составе персонального компьютера) и измерительный микрофон B&K модели 4006. В принципе этот микрофон не является чисто измерительным, однако благодаря высоким техническим характеристикам идеально подходит для этой задачи.

1. Измерение входного импеданса АС (1) и входной ФЧХ (2) (рис. 10).

По этим характеристикам (обычно они совмещаются) можно судить о многих важных показателях. Так, график входного импеданса позволяет выявить:

- частоту настройки акустического оформления. Для закрытых систем это максимум первого горба на характеристике. Для фазоинверсных — минимум между двумя первыми горбами. Если частота настройки фазоинвертора находится в диапазоне до 30 Гц, то на характеристике может быть отображен только один горб (правый). Поэтому для правильной интерпретации графика необходимо узнать и измеренную частоту настройки;

- качество исполнения акустического оформления. При малых потерях в АО минимум импеданса на частоте настройки ФИ мало отличается от сопротивления головки постоянному току;

- об относительной правильности выбора соотношения диаметра головки и диаметра порта ФИ. При оптимальном их

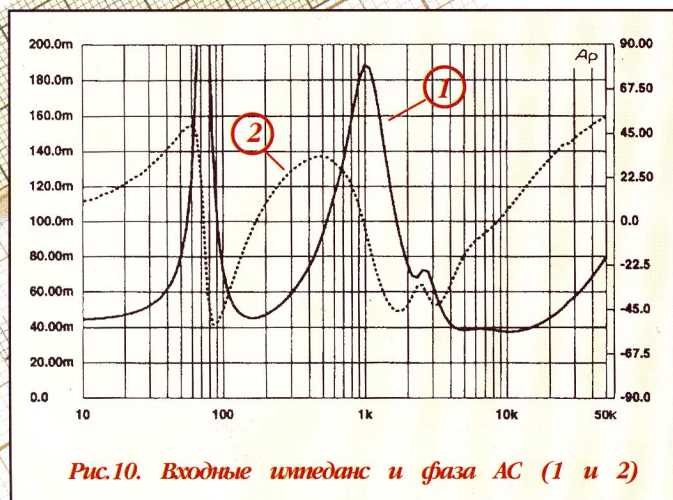


Рис.10. Входные импеданс и фаза АС (1 и 2)

соотношении амплитуды горбов примерно одинаковы (однако при нагреве звуковой катушки это соотношение меняется);

- насколько велика «компрессия» НЧ-головки в фазоинверторе. Строго говоря, термин «компрессия» применим только к закрытым системам, поэтому здесь он взят в кавычки. При «компрессионном» режиме работы головки горбы разнесены на значительное расстояние. В отсутствие компрессии они сближаются. При соотношении гибкости подвижной системы головки и объема воздуха в АО, равном 1,41, значения частот горбов относятся как 3,13 : 1 (например, при настройке ФИ на частоту 25 Гц горбы будут располагаться на частотах 14 и 44 Гц) [2]. Если второй горб расположен в районе 100 Гц, то велика вероятность появления «бубнения». Избавиться от него практически невозможно;

- неравномерность входного импеданса. В паспортных характеристиках АС сравнительно редко приводятся значения минимального и максимального входного импеданса. Еще реже указываются частотные диапазоны, соответствующие ми-

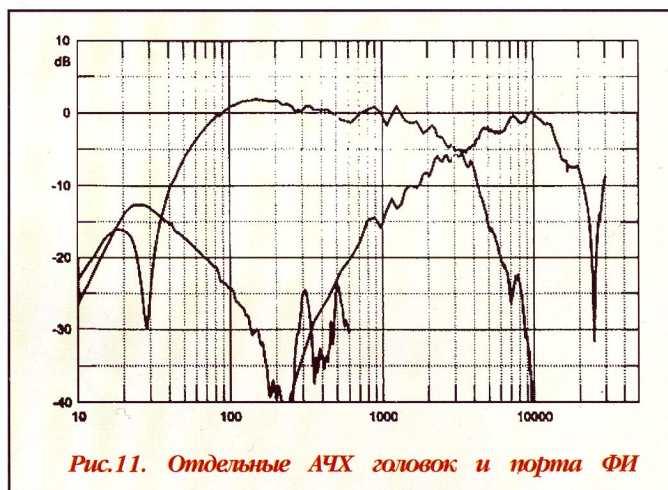


Рис.11. Отдельные АЧХ головок и порта ФИ

нимумам. График входного импеданса дает полное представление о характере нагрузки для Вашего усилителя;

- возможные частоты паразитных резонансов головок и АО. Эти неприятности проявляются в виде «пиков» на отдельных частотах, нарушая общую плавность графика.

По графику входной фазы можно узнать:

- в каких частотных диапазонах входная фаза носит емкостной или индуктивный характер (положительные значения фазы соответствуют индуктивному характеру, отрицательные — емкостному);

- максимальные сдвиги по фазе и общие тенденции неравномерности ФЧХ.

Эти параметры необходимы для оценки возможности усилителя низкой частоты обеспечить стабильную работу на комплексную нагрузку. Работа выходного каскада УНЧ на реактивную нагрузку приводит к необходимости пересмотра динамической нагрузочной характеристики (расчет режимов работы выходного каскада производится для чисто активной нагрузки). Токковые режимы могут существенно измениться. Особенно неприятно сочетание низкого значения импеданса и большого отрицательного угла фазы (хуже -35°).

Если усилитель охвачен общей или местной ООС (в выходном каскаде), то фазо-частотные характеристики усилителя также могут существенно измениться, поскольку реактивная составляющая нагрузки входит в цепь ООС.

2. Измерение стационарной АЧХ АС (рис. 11, 12).

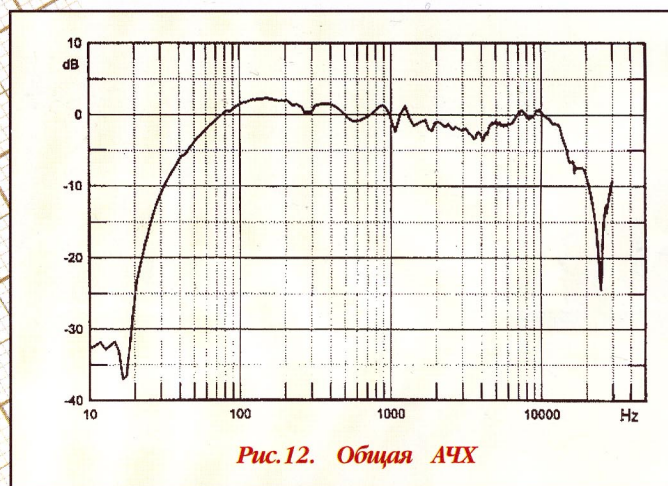


Рис.12. Общая АЧХ

СОМНЕВАЙТЕСЬ В НЕЙ

(окончание)

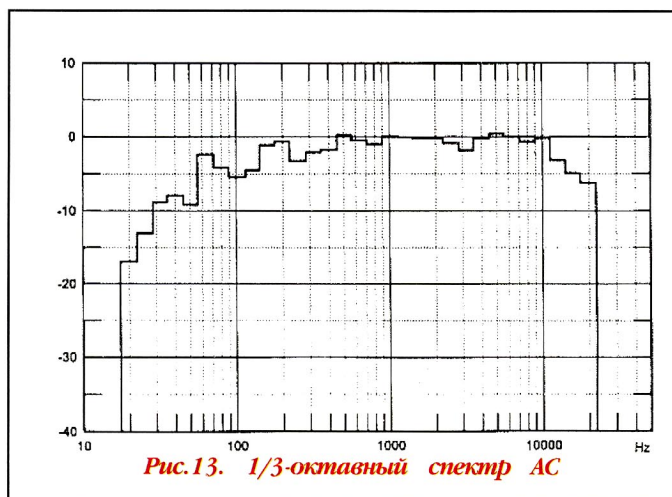


Рис.13. 1/3-октавный спектр АС

Этот вид измерений производится с помощью алгоритма преобразования Фурье, применяемого к отклику АС, или имитацией синусоидального генератора и следящего фильтра. Для АС, имеющих возможность подключения отдельных полос, такие измерения проводятся для каждой полосы. В области низких частот (примерно до 300 Гц) измерения ведутся в ближнем поле (на расстоянии 10 — 30 см). Отдельно исследуется отклик НЧ-головки и порта фазоинвертора (или пассивного радиатора). Для увеличения точности измерений на низких частотах увеличивают размер временного «окна», используют измерения на синусоидальном сигнале или применяют метод тональных посылок [5]. После масштабирования этих измерений строится график общей АЧХ. «Сшивка» графиков является достаточно условной — полученные характеристики АС в низкочастотной области имеют высокую точность только при измерении в свободном поле [5]. Наиболее информативная часть графика — область частот раздела фильтра и отклик ФИ (собственные резонансы порта).

3. Измерение уровней звукового давления АС в третьоктавных полосах (рис. 13).

Этот тип измерений более реально, чем стационарная АЧХ, отражает поведение АС на отдельных участках звукового диапазона. Очень важна общая тенденция поведения такой характеристики: монотонность, наличие отдельных пиков и провалов, характер поведения АС в области разделения частот и в низкочастотной области.

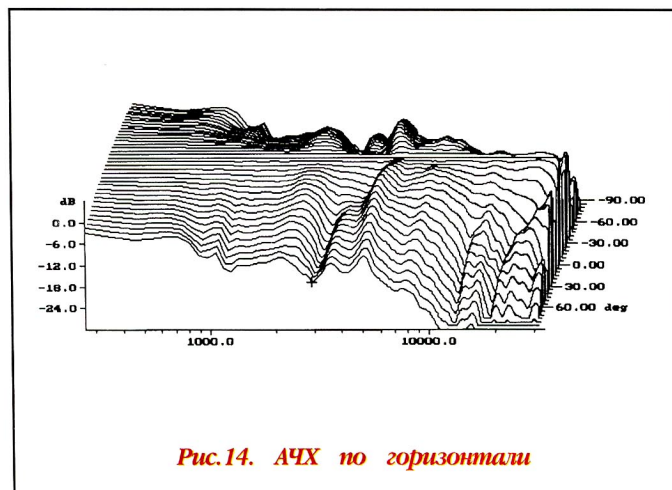


Рис.14. АЧХ по горизонтали

4. Измерение АЧХ АС в вертикальной и горизонтальной плоскостях (направленность излучения АС; рис. 14, 15).

Эти измерения являются стандартными в электроакустике и отражают результат конструкторского замысла. Основное влияние на направленность АС оказывают:

- характеристики направленности излучателей (головок);
- характеристики примененных кроссоверов;
- соотношения диаметров головок и расстояния между ними;
- топология размещения излучателей на панелях АС;
- специальные фазокорректирующие цепи в кроссоверах.

Углы отклонения от оси АС выбираются в диапазоне $\pm 45^\circ$. Для дипольных и ненаправленных систем приводятся характеристики в полном диапазоне возможных углов отклонения.

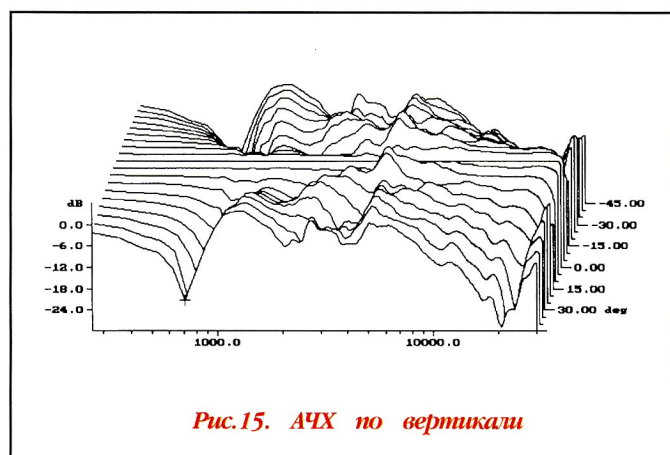


Рис.15. АЧХ по вертикали

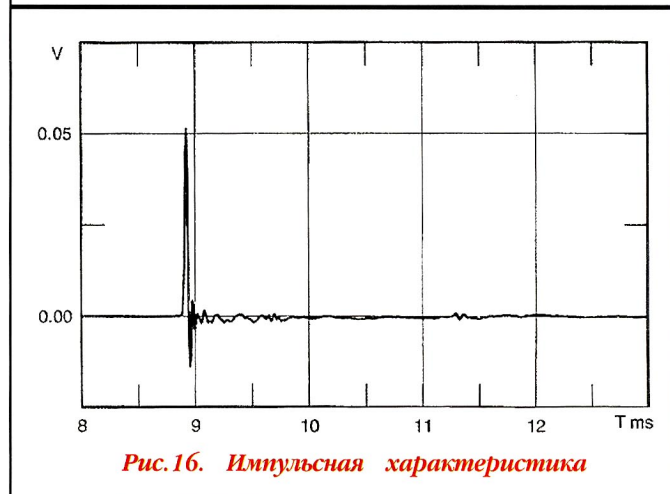


Рис.16. Импульсная характеристика

5. Импульсная характеристика (рис. 16).

Сложно переоценить важность измерения этой характеристики. Достаточно упомянуть, что на ее основе производится вычисление АЧХ, ФЧХ и кумулятивного спектра АС. Измерение реакции системы на короткий импульс требует применения достаточно мощного усилителя с большой амплитудой выходного напряжения и тока.

Стандартная методика измерения импульсной характеристики достаточно сложна: требуется источник коротких импульсов (5 — 15 мкс) большой амплитуды (30 — 60 В), способный работать на низкоомную нагрузку (импеданс АС). К тому же требуется синхронизация с аналого-цифровым преобразователем. Главная проблема такого подхода — небольшая энергия импульса, обусловленная ограниченной амплитудой и небольшой длительностью. Использовать

источник питания персонального компьютера для формирования таких импульсов неразумно — это требование электромагнитной совместимости. Поэтому многие аналого-цифровые измерительные системы применяют несколько иную схему измерения импульсной характеристики. В качестве тестового сигнала применяется т.н. последовательность максимальной длины (MLS — Maximum-Length Sequence). Она представляет собой псевдослучайную последовательность отсчетов, которая подается на исследуемый объект. Электрическая мощность оказывается достаточной для получения высокого соотношения сигнал/шум, а спектр близок к белому шуму. С помощью преобразования Фурье отклика такого сигнала вычисляется АЧХ и ФЧХ АС, кумулятивный спектр и входной импеданс.

6. Переходная характеристика. Вид ПХ говорит о многих свойствах АС. Об этом уже много сказано в соответствующем разделе статьи, поэтому здесь лишь отметим, что ПХ измеряется практически всегда.

7. Кумулятивный спектр излучения АС. С внедрением цифровых технологий в область исследования параметров АС вычисление КС привело к положению, когда эксперты напрямую связывают «ершистость» графика с жесткостью звучания в отдельных частотных полосах. Это справедливо для динамических головок, но не всегда — в отношении планаров, электростатов и других нетрадиционных видов излучателей. Наиболее информативен график КС при следующих параметрах: временное окно — около 4 мс, диапазон амплитуд — от 18 до 40 дБ. Иногда на графике КС присутствует составляющая на частоте 16 кГц. Обычно она является следствием акустического излучения трансформатора строчной развертки дисплея компьютера.

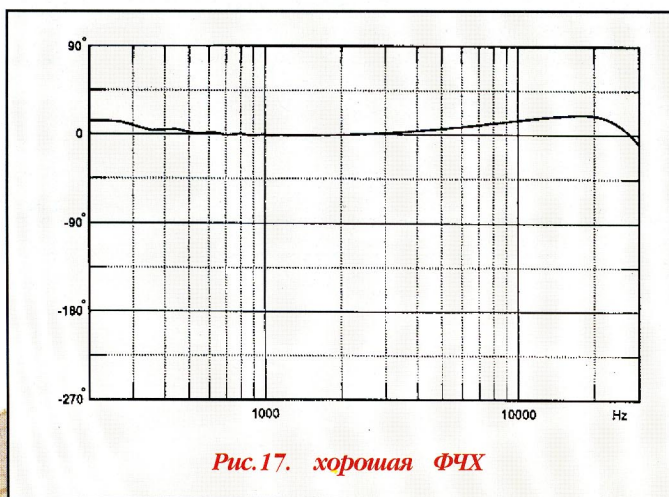


Рис.17. хорошая ФЧХ

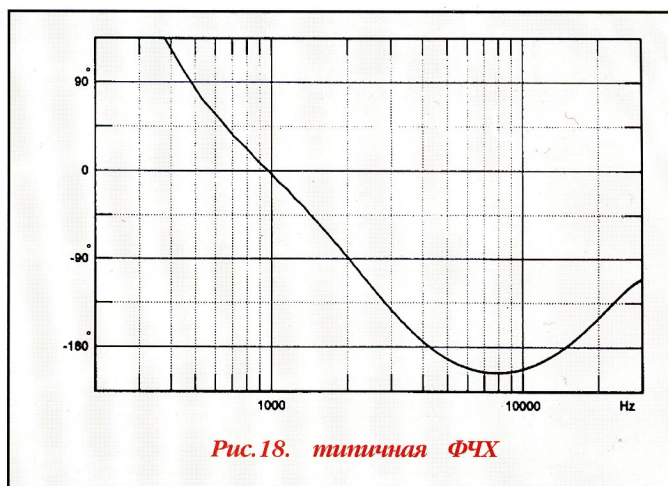


Рис.18. типичная ФЧХ

8. Кумулятивный спектр излучения АО. Построение графика позволяет оценить частоты и амплитуды паразитных резонансов головок и АО. Наиболее часто эти характеристики применяются при конструировании и настройке АО АС.

9. Фазовая характеристика отклика АС (рис. 17, 18).

Акустическая фазовая характеристика измеряется сравнительно редко. Это можно объяснить тем, что в настоящее время не существует общепринятых норм на ее неравномерность. Достижение линейной фазовой характеристики производится оптимизацией всех составных частей АС: разделительных фильтров, корректирующих цепей, взаиморасположением головок и т.д.

При интерпретации перечисленных выше характеристик очень важно знать расстояние, на котором измерительный микрофон располагался от АС. В паспортных характеристиках разработчик может указать оптимальное (или минимальное) расстояние от АС до слушателя. К сожалению, при проведении стандартных измерений эти требования выполняются редко.

По нашему мнению, стандартные измерения необходимо дополнить следующими условиями:

- проводить измерения основных параметров на расстоянии, рекомендованном производителем;
- вычислять кумулятивный спектр АС для каждой из частотных полос (если такая возможность имеется);
- приводить КС АО для различных типов установочных элементов, типов стоек и т.д. В противном случае необходимо оговаривать условия, при которых КС вычислялся.

Дмитрий Карпунин,
Георгий Соколов,
инженеры.
dimaudi@orc.ru

Список литературы.

1. И.А. Алдошина, А.Г. Войшвилло. Высококачественные акустические системы и излучатели. М., «Радио и связь», 1985
2. М.М. Эфрусси. Громкоговорители и их применение. М., «Энергия», 1976
3. Э.Л. Виноградова. Конструирование громкоговорителей со сглаженными частотными характеристиками. М., «Энергия», 1978
4. Stereophile. August 1996. pp 66 — 75 /J. Dunlavy/
5. Stereophile. April 1996. pp 114 — 127 /S. Linkwitz/
6. Stereophile. April 1996. pp 220 — 221 /M. Kelly/
7. Stereophile. September 1996. pp 68 — 76 /A. Kotsatos/
8. Stereophile. June 1996. pp 184, 201 /J. Atkinson, R. Novak/
9. SBP (<http://www.hi-fi.com/speakers>) The Soul of Sound I — IV /L. Olson/
10. SBP (<http://www.hi-fi.com/speakers>) Interview with J. Gerhard of Audio Phisic /30.07.1996/
11. Stereophile. September 1995. pp 128 — 129 /J. Gerhard/
12. Stereophile. May 1995. pp 35 — 37 /Martin Colloms report (digital tech.)/
13. Stereophile. January 1997. pp 199 — 209 /Paul Hales/
14. Акустика. Справочник. П/р М.А. Сапожкова. М., «РиС», 1989
15. Stereophile. September 1995. pp 96 — 103 /Roger Skoff/
16. Stereophile. November 1995. pp 99 — 107 /Wilson Audio's WATT/Puppy System 5/
17. Артем А.Д. Электрические корректирующие цепи и усилители. М. — Л., «Энергия», 1965
18. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М., «Мир», 1983
19. Stereophile. December 1996. pp 201 — 207 /Steven Stone TF 1120/
20. Вахитов Я.Ш. Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура. М., «Искусство», 1982
21. Скучик Е. Простые и сложные колебательные системы. М., «Мир», 1971