

Сравнение конденсаторов в кроссовере АС

Д. ГОРШЕНИН, г. Москва; И. РОГОВ, г. Ростов-на-Дону

В статье, написанной двумя авторами из разных городов, рассказано об электрических свойствах конденсаторов с различным диэлектриком и результатах измерений параметров, которые могут влиять в кроссовере АС на качество звуковоспроизведения. Во второй части статьи описана методика слуховой экспертизы, а также приведены статистически обработанные результаты сравнительных оценок кроссоверов с этими же конденсаторами, полученные при экспертном прослушивании различных музыкальных фрагментов.

Современная аудиотехника класса Hi End усилиями рекламы, обслуживающей интересы соответствующих компаний, оказалась мифологизирована до такой степени, что уже невозможно отличить правду от вымысла, а реальность от самовнушения.

Качество аудиотракта оценивается потребителем по личным слуховым ощущениям. Сложность и неоднозначность связи между объективными параметрами звукового сигнала и субъективными ощущениями слушателя, зависимость этой связи от множества посторонних факторов создает благоприятные условия для недобросовестного бизнеса. Потребителю приходится оценивать "на слух", насколько свойства того, за что он заплатил иногда весьма солидную сумму, соответствуют обещанному рекламой. А разобраться в этом непросто. Как заметил в одном из интервью директор по экспорту компании MONITOR AUDIO Д. Хоббс, "Многие, купив кабели за 5000 долл., уже подсознательно настроены на то, что система зазвучит лучше. Так ли это в реальности — большой вопрос. Более того, потратив столько денег, никто даже себе самому не признается, что остался в дураках" [1].

Довольно характерное высказывание профессионала, не занятого в "кабельном" бизнесе. Разумеется, многочисленные эксперты из аудиожурналов излагают совсем иную точку зрения.

Если у абсолютного большинства технически образованных людей сложилось вполне адекватное представление о полезности "суперкабелей", то в отношении других аудиофильских компонентов подобного единодушия нет. Вот уже много лет предметом острых споров остается целесообразность применения аудиофильских резисторов, дросселей и конденсаторов в кроссоверах акустических систем (АС). Здесь все не так очевидно. С одной стороны, нельзя отрицать объективность различий некоторых технических характеристик аудиофильских и обычных компонентов, а с другой — величина этих различий в большинстве случаев не дает оснований считать, что их можно зафиксировать "на слух".

Одни компании комплектуют кроссоверы АС аудиофильскими компонентами, не преминув, разумеется, сообщить об этом в рекламных проспектах. Другие, не менее авторитетные производи-

тели аппаратуры, в том числе и профессиональной, применяют в своих АС оксидные конденсаторы и дроссели с ферромагнитными сердечниками, что по аудиофильским меркам считается абсолютно неприемлемым.

Еще радикальнее расходятся мнения радиолюбителей. Одни публикуют обширные отчеты о прослушивании кроссоверов, констатируя существенные отличия в их "звучании" [2]. Другие вообще отрицают какое-либо положительное влияние дорогих аудиофильских компонентов на звук.

"Дорогостоящие компоненты для кроссоверов — напрасная трата денег, не улучшающая звук", — категорично заявляет Дж. Крутке, известный любителям и профессионалам DIY-конструктор АС [3].

Какие элементы выбрать для кроссовера самодельной АС: обычные или аудиофильские — вопрос не простой. Пассивный кроссовер состоит из резисторов, конденсаторов и дросселей.

С резисторами все просто. Чаще всего, доказывая необходимость применения специальных аудиофильских резисторов, ссылаются на наличие индуктивности у недорогих проволочных аналогов. При этом преднамеренно замалчивается тот факт, что эта паразитная индуктивность ничтожно мала, и ее влияние на полное сопротивление резистора начинает сказываться на частотах свыше 200 кГц. Этим исчерпываются технические аргументы, а остальные, вроде "плохого звучания высокоомного материала проволоки", — из области фантазий.

С катушками индуктивности ситуация не столь очевидна. Если наличие ферромагнитных сердечников действительно может повлиять на звук не лучшим образом, то применение проводов из сверхчистой меди или серебра с добавлением 1 % золота — аргумент того же ряда, что и "кабельный". Стоимость такой катушки может достигать нескольких тысяч долларов за штуку. Ленточные (фольговые) катушки индуктивности обладают некоторыми преимуществами, но стоимость их намного больше обычных проволочных, поэтому имеют гораздо худшее соотношение цена/качество. Однако подробное их рассмотрение выходит за рамки настоящей статьи.

С выбором конденсаторов ситуация не проще. Их объективные характеристики зависят от конструкции и материала корпуса (металл, пластик, композит), обкладок (специальная фольга,

обычная алюминиевая фольга, металлизация), от типа диэлектрика (полипропилен, лавсан, бумага, керамика, оксид) и, наконец, от качества изготовления (аудиофильские элементы могут иметь как лучшее качество изготовления, так и такое же, как у элементов общего применения).

Даже если оставить за скобками рекламную шелуху, вроде "натуральности звучания благородя применения натуральных материалов", то список аудиофильских требований к конденсатору окажется довольно солидным:

- корпус должен быть из металла или массивного пластика для обеспечения акустической развязки;

- обкладки из тяжелой фольги для исключения вибраций, причем желательно серебряной или с добавлением серебра для снижения сопротивления;

- "правильный" диэлектрик;

- высокое качество изготовления, гарантируемое принадлежностью к аудиофильскому бренду.

Такой конденсатор обойдется в 30—50 долл. США (конденсатор с серебряными обкладками — несколько сотен, а из "натуральных материалов" — несколько тысяч долларов!). Но, может быть, прав Дж. Крутке, и все это — напрасная трата денег? И двадцатирубливый конденсатор K73-16 на самом деле "сыграет" не хуже? Настоящая статья поможет разобраться в этом вопросе.

Наличие в конденсаторе обкладок из фольги, особенно медной, серебряной или с добавлением золота, обычно воспринимается аудиофилами как признак элитарности. С технической точки зрения использование фольги в конденсаторах для АС не дает существенных объективных преимуществ, но заметно сказывается на себестоимости. Поэтому в большинстве даже очень дорогих конденсаторов "для аудио", за исключением фольговых масляно-бумажных (МБ), используют металлизированную полимерную пленку. При этом некоторые производители в маркетинговых целях при описании конструкции конденсатора идут на некорректную подмену понятий, называя полипропиленовую пленку "полипропиленовой фольгой" (polypropylene capacitor foil), как, например, в описании конденсатора Mundorf MCap RFX.

Другой важнейший признак аудиофильского конденсатора — применение "правильного" диэлектрика. Самым каноническим диэлектриком считается полипропилен (ПП, англ. PP). В большинстве современных специализированных конденсаторов "для аудио" (далее для краткости аудиоконденсаторы) используют именно его. По объективным характеристикам ПП — почти идеальный материал, обладающий высокой стабильностью, малыми диэлектрическими потерями и абсорбцией. Другой канонический аудиофильский диэлектрик — пропитанная маслом бумага — полная противоположность ПП. Масляно-бумажные конденсаторы по тангенсу угла потерь, и особенно по диэлектрической абсорбции, заметно проигрывают всем видам пленочных конденсаторов. По этой причине их сегодня применяют в основном только в низкочастотной силовой электротехнике

Группы конденсаторов по виду диэлектрика	Коэффициент абсорбции, %	Тангенс угла потерь, %	Снижение емкости на частоте 10 кГц относительно 100 Гц, %	Обозначения конденсаторов	
				российских	зарубежных
Полипропиленовые	0,1...0,2	0,01...0,03	<0,1	K78	KP, МКР, MFP
Полиэтилентерефталатные	0,2...0,8	0,4...1,5	1,2...1,5	K73	КТ, МКТ, MFT, MMD
Бумажные фольговые	0,2...1	0,4...1	1,5...2,5	K40, K41	
Металлобумажные	0,5...5	0,5...3	2...4,5	ОМБГ, МБМ, МБГО, K42	
Металлобумажные повышенной частоты	0,5...5	0,5...1,5	1,5...2	МБГЧ	
Оксидные неполярные	1...5	до 30	20...30	K50-6, K50-15, K53-7	

и в небольших объемах — в аудиофильской аппаратуре: ламповых усилителей и кроссоверах АС.

Оксидные неполярные конденсаторы — самые не «аудиофильские» из применяемых в кроссоверах. По тангенсу угла потерь и абсорбции они уступают даже МБ конденсаторам. С другой стороны, по величине удельной емкости оксидные конденсаторы вне конкуренции и поэтому используются не только в дешевых мультимедийных колонках, но и в профессиональных, и в дорогих АС класса Hi-Fi — везде, где требуется большая емкость.

Еще один часто применяемый в конденсаторах кроссовера тип диэлектрика — пленка из полиэтилентерефталата (ПЭТ, ПЭТФ, англ. PET). Коммерческие названия полимера: лавсан, полиэстер, майлар и др. Будучи дешевой и доступной альтернативой специализированному ПП и МБ аудио конденсаторам, ПЭТ конденсаторы общего применения очень популярны как у профессионалов, так и у радиолюбителей из-за хорошего соотношения качество—цена. Однако ни один другой тип конденсаторов не вызывает таких резко негативных оценок со стороны аудиофилов за «плохое звучание». Подобное мнение укоренилось настолько прочно, что ПЭТ конденсаторы в прайс-листах отечественных продавцов аудиокомплектов называются полистирольными, хотя полистирол и полиэстер при некоторой схожести названий абсолютно разные полимеры. Все это послужило причиной особого внимания, уделенного этому типу конденсаторов в настоящей статье.

Результаты сравнительной субъективной экспертизы ПЭТ, ПП и МБ конденсаторов приведены во второй части статьи, но пока остановимся на технической стороне вопроса.

Первый из приводимых обычно аргументов в пользу отказа от применения ПЭТ конденсаторов в кроссоверах — повышенные тангенс угла потерь и коэффициент абсорбции. В табл. 1 приведены соответствующие характеристики некоторых типов конденсаторов (по материалам [4]), которые могут быть использованы в кроссоверах АС.

Из таблицы видно, что параметры ПЭТ конденсаторов действительно заметно хуже, чем у группы ПП, но несколько лучше, чем у МБ. Кроме того, емкость ПЭТ конденсаторов снижается примерно на 1,5...2 % на самых верхних

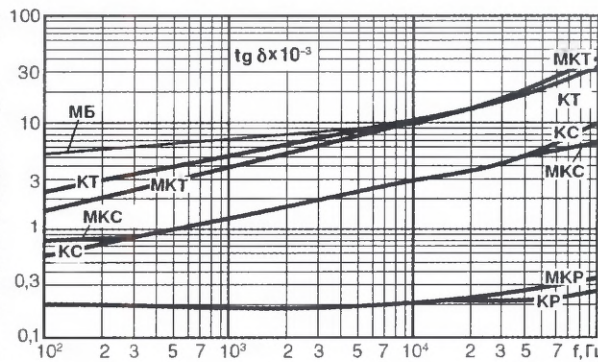


Рис. 1

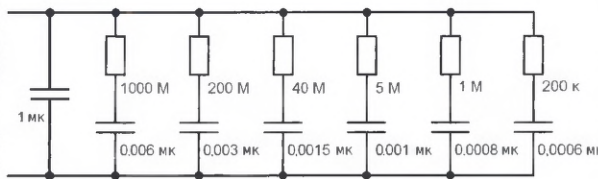


Рис. 2

частотах звукового диапазона. Однако у МБ конденсаторов изменение емкости в диапазоне звуковых частот больше 2 %.

На рис. 1 приведены зависимости тангенса угла потерь от частоты для ПП (КР, МКР), ПЭТ (КТ, МКТ) и МБ конденсаторов (для ПП и ПЭТ — по материалам [5], для МБ конденсаторов измерено).

Выбирая тот или иной компонент для кроссовера, нужно четко понимать, что цифры технических параметров важны не сами по себе, а лишь как факторы, которые могут повлиять на качество звучания АС. При установке ПЭТ или МБ конденсаторов в ФВЧ второго порядка изменение их емкости и тангенса угла потерь в полосе пропускания фильтра может привести к отклонению реальной АЧХ кроссовера от расчетной на 0,3 дБ. Это означает, что установка в кроссовер конденсаторов одинаковой емкости, но разного типа, создает отличия в тональном балансе АС не более тех, что возникают из-за разброса параметров динамических головок одного типа или разброса характеристик других компонентов кроссовера, имеющих допуск ±5—10 %. И даже если искусственному слушателю удастся уловить эту разницу, то совсем не обязательно, что он предпочтет звучание дорогих ПП или МБ аудио конденсаторов, а не дешевого ПЭТ, если

не будет знать заранее, какой конденсатор установлен в кроссовере.

Влияние эффекта абсорбции заряда в конденсаторах на сигналы звуковых частот обычно сильно преувеличивают. Согласно отечественному стандарту измерение диэлектрической абсорбции производится после трехминутного пребывания конденсатора под неизменным напряжением — в режиме, не имеющем ничего общего с работой конденсатора в кроссовере АС. При значительном напряжении звуковой частоты абсорбция оказывается во много раз меньше значений, приводимых в соответствующих справочниках и указанных выше в табл. 1. В частности, для ПЭТ конденсаторов диэлектрическая абсорбция за время, равное 20 мс, составляет всего 0,1 % [6, 7]. Согласно данным компании National Semiconductor, влияние абсорбции можно учесть введением в схему замещения конденсатора высокоомных RC-цепей. На рис. 2 показан пример такой эквивалентной схемы для ПЭТ конденсатора емкостью 1 мкФ [7]. Эта схема замещения пригодна для использования не только в аналоговых цепях широкого диапазона частот, но и в интеграторах и устройствах выборки-хранения АЦП — там, где важна задержка сигнала. Даже безглагозливо взгляда на нее достаточно, чтобы понять, что влияние абсорбции в пленочных конденсаторах на АЧХ и ФЧХ кроссовера АС всегда пренебрежимо мало, а распространенное среди аудиофилов мнение о том, что будто бы повышенная (в сравнении с ПП) абсорбция ПЭТ конденсаторов ухудшает звук — аудиомиф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Н. Возвращение в бронзовом веке. — Салон Audio Video, 2006, № 11; см. также <<http://www.salonav.com/arch/2006/11/088-089.html>>.
2. Tony Gee. Capacitor Test. — <<http://www.humblehomemadehifi.com/Cap.html>>.
3. Zaph Audio. — <<http://www.zaphaudio.com/aboutme.html>>.
4. ОСТ 11 0518—87. Конденсаторы. Руководство по применению.
5. Каталог компании Vishay "Film capacitors".
6. J. Curl, W. Jung. A real-time signal test for capacitor quality. — The Audio Amateur 1985, № 4, p. 22—24.
7. Understand capacitor soakage to optimize analog systems. — <<http://www.national.com/rp/Application/0,1570,28,00.html>>.

(Продолжение следует)

Редактор — А. Соколов, графика — авторов

Сравнение конденсаторов в кроссовере АС

Д. ГОРШЕНИН, г. Москва; И. РОГОВ, г. Ростов-на-Дону

От и все объективные причины, по которым конденсаторы теоретически могут вносить дополнительные (т. е. не учитываемые при расчете) линейные искажения в звуковой сигнал. Их проявление при использовании ПЭТ и МБ конденсаторов не выходит за рамки отклонений из-за технологического разброса номиналов конденсаторов и других компонентов кроссовера. Следует особо подчеркнуть, что по уровню вносимых линейных искажений ПЭТ конденсаторы ничем не выделяются на фоне аудио конденсаторов, занимая промежуточное положение между ПП и МБ.

АС, то, значит, причину надо искать в нелинейных искажениях. В качественно изготовленном конденсаторе нелинейные искажения могут возникать только вследствие зависимости его емкости от приложенного напряжения, т. е. целиком определяются свойствами диэлектрика. Этот эффект сильно выражен у оксидно-полупроводниковых танталовых и некоторых разновидностей керамических конденсаторов [8—10]. Поэтому их не следует применять в сигнальных цепях. В частности, высокую нелинейность имеют отечественные конденсаторы из керамики типа II (НЧ керамики), имею-

мала [8], что вызывает серьезные методические трудности при измерении искажений. Заслуживающих доверия результатов подобных измерений мало. В качестве примера можно привести статью [9] компании Maxim/Dallas. Испытывались оксидные (танталовые и алюминийевые) и ПЭТ конденсаторы. На рис. 3 показаны шум и гармонические искажения, полученные на выходе усилителя для телефонов до и после установки ФВЧ с ПЭТ конденсатором, с частотой среза 1 кГц. В полосе пропускания ФВЧ искажения ПЭТ конденсатора фактически не были зафиксированы: их уровень оказался ниже порога измерения, равного 0,0003...0,0005 %. Рост же относительного уровня шумов и гармоник ниже частоты среза фильтра — следствие уменьшения амплитуды основного тона при его прохождении через ФВЧ, а отнюдь не роста уровня самих шумов и гармоник из-за установки конденсатора.

Попытки измерения коэффициента гармоник (K_g) конденсаторов, в том числе и пленочных, предпринимались неоднократно. При традиционном способе измерения пороговая чувствительность метода определяется собственными искажениями измерительного стенда, и как следует из [9], для тестирования пленочных конденсаторов величина K_g стенда должен быть существенно ниже 0,0005 %. Применительно к решаемой задаче — исследованию искажений конденсаторов в кроссоверах АС — это требует наличия специального сверхлинейного усилителя мощности. Попытки обойти эту проблему путем вычитания искажений усилителя из общих искажений дают ненадежные результаты.

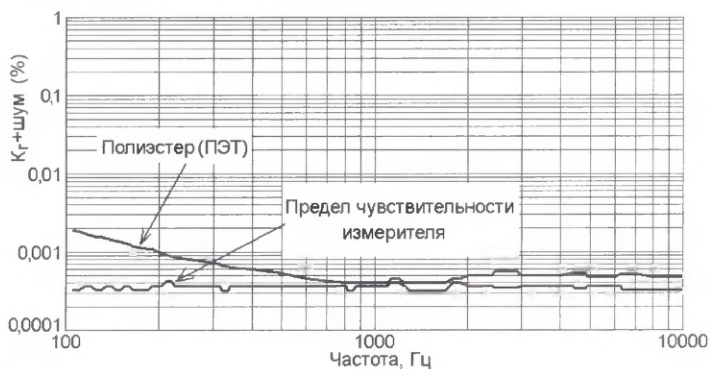


Рис. 3

Таблица 2

Конденсаторы	Назначение	Материал корпуса	Тип обкладок	Тип диэлектрика	Тангенс угла потерь (1кГц), %	Амплитуда максимальной интермодуляционной гармоники, %	Акустический шум, дБ	Ориентировочная цена (2008 г.), руб.
ELAC etm 2,7 мкФ-100 В	О	М	-	О	5,4	0,028	—	
ELAC etm 4,7 мкФ-100 В	О	М	-	О	3,9	0,016	—	
K53-7-4,7 мкФ-30 В	О	М	-	О	6,8	0,1	—	300
K10-47а Н30 1,5 мкФ-50 В (3 шт.)	О	П	-	К	1,3	0,89	35	400
МБМ составной 4,1 мкФ	О	М	М	МБ	0,97	0,0002	3	20
ОМБГ-2 10&10 мкФ-200 В	О	М	М	МБ	0,81	0,002	15	20
Jensen Cap 3,9 мкФ-100 В	А	М	АФ	МБ	0,54	<0,0001	0	2500
MMD 2,2 мкФ-250 В	О	К	М	ПЭТ	0,51	0,01	37	
K73-17-4,7 мкФ-63 В	О	К	М	ПЭТ	0,48	0,0002	25	25
K73-16-4,7 мкФ-63 В	О	М	М	ПЭТ	0,45	0,0004	—	25
K73-16-3,3 мкФ-250 В	О	М	М	ПЭТ	0,43	<0,0001	4	25
Bennic MKT 4,7 мкФ-160 В	О	П	М	ПЭТ	0,41	0,0006	40	50
Bennic MKT 3,9 мкФ-160 В	О	П	М	ПЭТ	0,39	0,0007	—	60
Jantzen Audio Cross cap 3,9 мкФ-400 В	А	П	М	ПП	0,003	0,0002	23	120
Mundorf MCap Audiophile 3,9 мкФ-400 В	А	П	М	ПП	0,002	<0,0001	10	200
Mundorf MCap Supreme 3,9 мкФ-800 В	А	П	М	ПП	0,002	<0,0001	0	1200

Назначение: А — для аудио; О — общего применения.

Материал корпуса: М — металл; П — полимер; К — композит.

Тип обкладок: М — металлизация; АФ — алюминиевая фольга.

Тип диэлектрика: ПП — полипропилен, ПЭТ — лавсан, МБ — бумага, О — оксид, К — керамика.

Акустический шум: «—» — не измерялся; 0 (0 дБ) — уровень шумового фона измерительного бокса (шум конденсатора не зафиксирован).

Но если линейные искажения конденсаторов настолько малы, что не могут объяснить существенных различий в звучании

щие нестабильный ТКЕ (Н20, Н30, Н50, Н70, Н90), и оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-7.

Что касается пленочных конденсаторов вообще и ПЭТ конденсаторов в частности, то их нелинейность очень

Чтобы избежать применения аппаратуры со сверхмалыми нелинейными искажениями, решено было измерять не гармонические, а интермодуляционные искажения. Тестируемый конденсатор включался в одну из типовых схем —

Продолжение.

Начало см. в "Радио", 2009, № 8

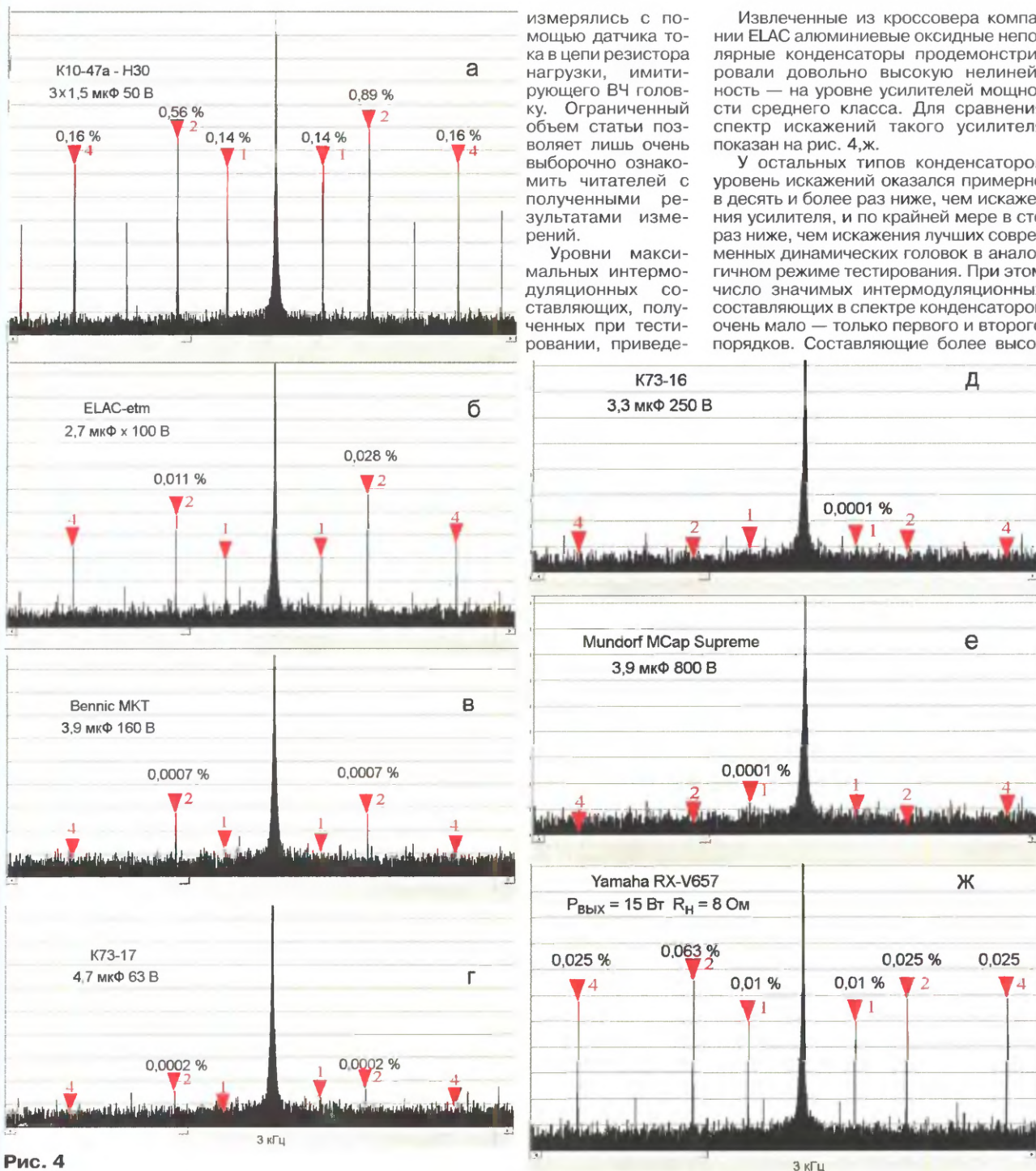


Рис. 4

фильтр второго порядка для ВЧ головки. Такой режим позволяет наиболее полно оценить качество конденсатора при соответствующем выборе тестовых частот. На фильтр с тестируемым конденсатором одновременно подавались два синусоидальных сигнала, каждый напряжением 10 В (эф.ф.), с частотами 70 Гц и 3 кГц, от двух разных усилителей мощности через специальный сумматор, развязывающий выходы усилителей. Это позволило полностью исключить интермодуляцию в самих усилителях. Полезный сигнал и искажения

измерялись с помощью датчика тока в цепи резистора нагрузки, имитирующего ВЧ головку. Ограниченный объем статьи позволяет лишь очень выборочно ознакомить читателей с полученными результатами измерений.

Уровни максимальных интермодуляционных составляющих, полученных при тестировании, приведе-

Извлеченные из кроссовера компании ELAC алюминиевые оксидные неполярные конденсаторы продемонстрировали довольно высокую нелинейность — на уровне усилителей мощности среднего класса. Для сравнения спектр искажений такого усилителя показан на рис. 4,ж.

У остальных типов конденсаторов уровень искажений оказался примерно в десять и более раз ниже, чем искажения усилителя, и по крайней мере в сто раз ниже, чем искажения лучших современных динамических головок в аналогичном режиме тестирования. При этом число значимых интермодуляционных составляющих в спектре конденсаторов очень мало — только первого и второго порядков. Составляющие более высо-

ны в табл. 2, а на рис. 4 показаны наиболее характерные спектры искажений. Места локализации интермодуляционных компонент отмечены маркерами, указывающими их уровень и порядок, а числа, имеющие размерность процентов, — относительный уровень наиболее значимых из них (цена деления по вертикальной оси — 10 дБ).

Как и ожидалось, наибольшие искажения были зафиксированы у керамических и оксидных танталовых конденсаторов, что в очередной раз подтвердило неприемлемость их использования в АС.

ких порядков у всех конденсаторов, кроме оксидных и керамических, оказались ниже порога измерения (0,0001 %).

Полученные уровни искажений пленочных конденсаторов представляют скорее академический интерес. Они не могут быть услышаны в реальном звуковом тракте. Тем не менее стоит прокомментировать полученные результаты. Уровень искажений отечественного конденсатора K73-16 (3,3 мкФ, 250 В) и всех аудиофильских конденсаторов (кроме Jantzen Cross cap) ввиду их

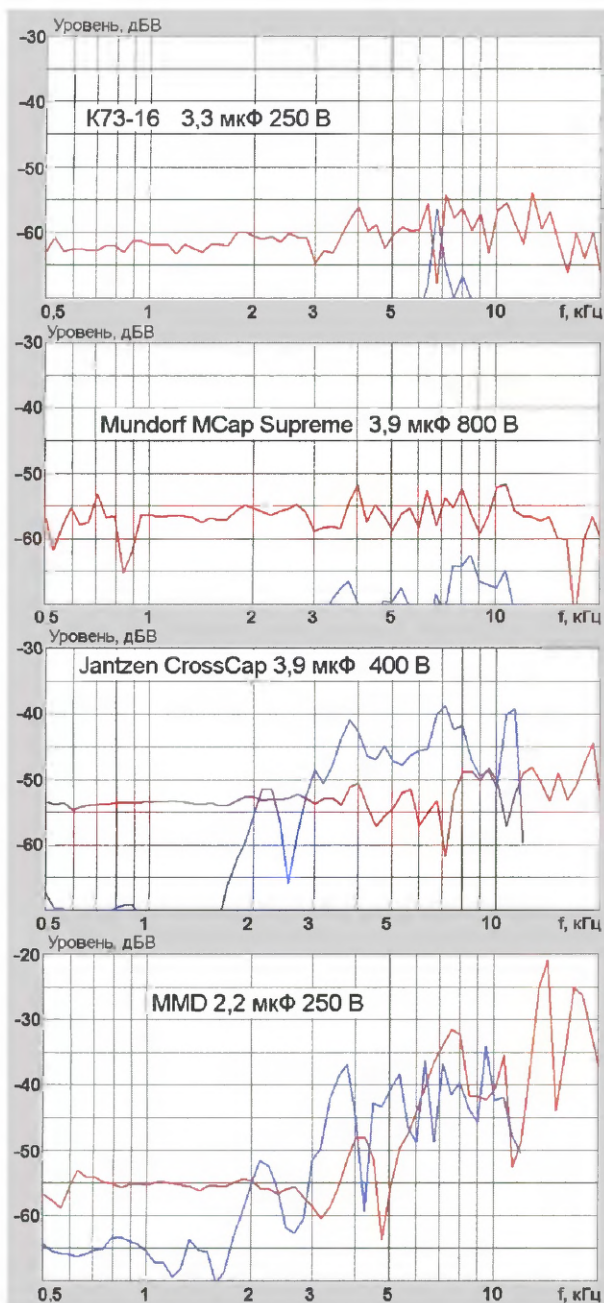


Рис. 5

малости зафиксировать не удалось. У двух других отечественных ПЭТ конденсаторов искажения лишь чуть превысили порог измерения, что явилось следствием их относительной низковольтности (63 В). Неожиданно высокую линейность продемонстрировала связка из отечественных конденсаторов МБМ, лишь немного уступив датскому МБ суперконденсатору Jensen. И это несмотря на самый большой тангенс угла потерь среди всех пленочных и бумажных конденсаторов в данном тесте. Китайские ПЭТ конденсаторы MMD показали наихудший результат, видимо, из-за некачественного контакта выводов с обкладками, на что указывает наличие в их спектре нетипичных

для нелинейности диэлектрика комбинационных составляющих третьего порядка.

Результаты измерений наглядно показали, что связь нелинейных искажений с тангенсом угла потерь и диэлектрической абсорбцией — миф, заботливо культивируемый заинтересованными компаниями. Ни эти параметры, ни "не кошерный" тип диэлектрика, ни "плебейское" происхождение конденсатора сами по себе не являются причинами нелинейных искажений. Дешевые отечественные МБМ и ПЭТ конденсаторы показали себя не хуже европейских аудиоконденсаторов с трех-четырёхзначными ценниками и однозначно лучше "одноклассников" из Китая и Тайваня. Однако среди дешевых конденсаторов попадались и некачественные образцы. Среди группы протестированных конденсаторов МБМ один экземпляр имел очень высокую нелинейность. У одного из китайских ПЭТ конденсаторов тангенс угла потерь оказался в пять раз выше типового для данного вида диэлектрика. Отечественные конденсаторы K73-17 при общем очень неплохом качестве показали довольно большой разброс по нелинейности. Правда, несмотря на это, все имевшиеся в распоряжении конденсаторы K73-17

оказались лучше тайваньских Bennis MKT. Стабильно высокое качество изготовления показали конденсаторы K73-16.

Для исследования качества акустической развязки, обеспечиваемой конструкцией конденсаторов, был проведен еще один тест. Измерялась АЧХ звукового давления, создаваемого конденсатором в ближней зоне при подаче на него напряжения 10 В (эфф.) через ограничительный резистор сопротивлением 3,9 Ом. АЧХ снималась в диапазоне частот 500 Гц... 20 кГц.

Все конденсаторы в металлических корпусах, кроме ОМБГ-2, а также аудиофильский MCap Supreme в массивном корпусе из пластика продемонстрировали отличную акустическую развязку:

пресловутый "микрофонный" эффект им явно не грозит. Несколько хуже обстоят дела у конденсаторов MCap Audiophile, еще хуже у K73-17 и Jantzen Cross cap. Китайские MMD и тайваньские Bennis вообще провалились в этом тесте. В табл. 2 приведены результаты теста, а на рис. 5 — АЧХ акустического излучения некоторых конденсаторов. Красная линия — первая гармоника, голубая линия — вторая гармоника.

Данный тест наглядно показал, что успешно решать проблемы акустического шума и "микрофонного" эффекта в конденсаторах можно и без применения обкладок из тяжелой фольги, как это делают некоторые производители аудиофильских компонентов. Применение обкладок из олова или других тяжелых металлов — это не инженерное, а маркетинговое решение проблемы, позволяющее оправдать высокую цену продукта.

Получается, что дорогим аудиофильским конденсаторам объективно нечего предьявить в оправдание своей цены, кроме гарантированного качества изготовления и меньшего допуска на номинальную емкость.

ЛИТЕРАТУРА

8. J. Smith. Capacitance Change with Applied Voltage; or "when is a 0,1µF capacitor not a 0,1µF capacitor". — <http://www.cliftonlaboratories.com/capacitor_voltage_change.htm>.

9. Do Passive Components Degrade Audio Quality in Your Portable Device? — <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN3171.pdf>>.

10. Сравнение: конденсаторы для усилителей. — <<http://www.electroclub.info/other/conders1.htm>>.

От редакции. Применение бумажно-масляных и пленочных конденсаторов фактически следует различать по месту их предпочтительного включения и критической области частот: первые из них уместны в цепи ФНЧ для головки НЧ, а пленочные — в цепи ФВЧ кроссоверов для головок СЧ и ВЧ.

(Окончание следует)

Редактор — А. Соколов, графика — авторов

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

"Аркада" — поставка динамиков Hi-End класса **Peerless, Vifa, Scan-Speak, Seas** и высококачественных кроссоверных компонентов **Mundorf**. Акустические конструкторы. Автомобильная акустика. Консультации. Заказ товаров на сайте www.arkada.com.

Доставка по всей России.
Санкт-Петербург:
(812) 449-77-50.
Москва: +7 919 7244369
E-mail: speakers@arkada.com

Итак, наибольший эффект применения ИТУН в УМЗЧ достигается с ЭДГ в полосе СЧ многополосной активной акустической системы. При использовании ИТУН с выходными каскадами, работающими в режиме класса АВ, наиболее целесообразно реализовывать все виды необходимых коррекций в соответствии со схемой рис. 4. При применении в системе звуковоспроизведения ИТУН при схеме включения, приведенной на рис. 7, достигается улучшение качественных характеристик, свойственных усилителям класса А.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алейнов А., Сырицо А.** Улучшение звуковоспроизведения в системе УМЗЧ — громкоговоритель. — Радио, 2000, № 7, с. 16—18.
2. **Горшенин А.** Как выбрать динамическую головку для высококачественной АС. — Радио, 2008, № 7, с. 15—18.
3. **Сырицо А.** Особенности УМЗЧ с высоким выходным сопротивлением. — Радио, 2002, № 2, с. 16, 17.
4. **Алейнов А., Сырицо А., Муринов А.** Способ звукоусиления с токовым управлением электродинамическим громкоговорителем и усилитель мощности для активных акустических систем. — Патент РФ № 2181932 от 27.04.2002 г.

Редактор — А. Соколов, графика — Ю. Андреев

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Контрольный приемник коротковолновика — цифровой всеволновый DEGEN DE1 103 — 3700 рублей.

Описание здесь:

<http://www.dessy.ru>

Заказывать здесь: 105318, г. Москва, а/я 52 "ПОСЫЛТОРГ".

E-mail: post@dessy.ru,
Тел. (495) 543-47-96; (985) 366-87-86.

* * *

ООО "ЮНК" предлагает кольца "Амидон" FT 37-4, T 50-2,6,10, T 80-2,6,10, T 94-6,10, BN 43-202, BN 61-302; микросхемы ADG 774, FST 3125; смесители LAVI-2VH, ADE-1HW, TUF-1HSM, аттенюаторы, полистироловые конденсаторы 27—20000 пФ и другие ВЧ компоненты.

Контакты trek46@mail.ru
Т. 8 (8482) 71-17-59.

* * *

Для Вас, радиолюбители! РАДИОКОНСТРУКТОРЫ всех направлений. Корпусы для РЭА. Радиоэлементы, монтажный инструмент и материалы, литература, готовые изделия. IBM-комплектующие.

От Вас — оплаченный конверт для бесплатного каталога.

426072, г. Ижевск, а/я 1333 РТЦ "Прометей".
www.rtc-prometej.narod.ru
Тел./факс (3412) 36-04-86,
тел. 22-60-07.

Сравнение конденсаторов в кроссовере АС

Д. ГОРШЕНИН, г. Москва; И. РОГОВ, г. Ростов-на-Дону

Возвращаясь к свойствам ПЭТ конденсаторов, можно утверждать, что имеющиеся на сегодняшний день объективные данные об их характеристиках не дают оснований утверждать, что их применение в кроссоверах АС может привести к снижению качества звука. Однако этот вывод противоречит утверждениям любителей высококачественного звучания, ссылающихся на свои субъективные ощущения. Объективные данные их не убеждают. В подобных случаях единственным способом выяснения истины остается проведение публичной субъективной экспертизы. Для того чтобы результаты такой экспертизы можно было считать объективными, она должна быть проведена с максимально возможным соблюдением правил, принятых для подобных мероприятий.

переключатели с указателями позиционного положения. Для подключения конденсаторов были выведены три пары коротких проводов с зажимами "крокодил", маркированными разными цветами. Переключатели имели шесть положений. Таким образом, каждый из конденсаторов, подключенный к своей паре "крокодилов", участвовал в работе два раза. Сам кроссовер был сделан из высококачественных деталей и хорошо отстроен. Конденсаторы, участвовавшие в тесте, подобрали по емкости с высокой точностью.

Все тесты были двойными слепыми — не только слушатели не знали, какой из конденсаторов в данный момент включен в цепь, но этого не знали и операторы, переключавшие конденсаторы (чтобы даже неосознанно не подать слу-



Рис. 6

Для прояснения этого вопроса было решено провести собственный тест. В конце 2008 г. в одном из московских аудиосалонов состоялась встреча радиолюбителей-аудиофилов (фото на рис. 6), главной целью которой было оценить, какой вклад оказывает проходной конденсатор, включенный последовательно с ВЧ головкой (тогда он оказывает наибольшее влияние на звук) в общее звучание системы. И действительно ли отечественные и доступные конденсаторы K73-16 настолько хуже дорогих аудиофильских, как про это говорят.

Методика сравнения была следующей. В кроссовере каждой из АС стереосистемы меняли конденсатор, включенный последовательно с ВЧ головкой. Были подготовлены две коробки, в которых установили высококачественные

шателям какой-либо сигнал). Только после того, как были собраны и записаны в бланки все мнения, проверялись соответствия номеров и типов конденсаторов. Тестов проводилось несколько, между ними слушатели отдыхали.

В первом тесте сравнивали между собой три конденсатора:

1. K73-16.
2. Jantzen Superior Z-cap.
3. Mundorf MCap MKP Audiophile.

Сначала в качестве "нулевого отсчета" включили один из них, чтобы слушатели привыкли к звуку. Этот вариант не оценивался. Потом пошел зачет. Поочередно включались конденсаторы, и качество (достоверность) звучания оценивалось по десятибалльной шкале. Длительность прослушивания каждого из них составляла несколько минут. Затем переключатель устанавливали в следующее положение и прослушивали тот же фрагмент записи. После теста все подписанные

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2009, № 8, 9

протоколы были сведены в одну общую ведомость. Протоколы писали 12 человек, по два раза слушая звучания с каждым конденсатором. Итого получилось по 24 оценки для каждого конденсатора.

Результат теста оказался очевидным — никто из собравшихся (их было порядка двадцати человек, но не все из слушателей заполняли протоколы) не выделил какой-либо конденсатор как выдающийся или провальный по звучанию. Однако возникают вопросы:

1. Насколько адекватна субъективная оценка, сделанная не профессиональными экспертами, но подготовленными слушателями?

2. Не были ли результаты случайны?

Ответ на первый вопрос содержится в статье [11], где сказано следующее: "на протяжении нескольких лет ведутся работы по изучению влияния выбора экспертов и степени их тренированности на качество оценок аудиоаппаратуры, а также на совпадение мнений тренированных профессиональных экспертов с мнением "нетренированных" (массовых слушателей). Результаты таких работ, выполняемых довольно длительное время в компании Harman, были продемонстрированы на 114-й конвенции AES: "субъективные оценки, которые дают квалифицированные эксперты, совпадают со шкалой предпочтений для неквалифицированных слушателей".

Для оценки значимости результатов прошедшего теста был проведен их статистический анализ, аналогичный описанному в [11]. На рис. 7 показан средний балл для каждого конденсатора (красная черта), от которого вверх и вниз отложена дисперсия разброса оценок. Наивысший балл получил K73-16, причем разброс оценок минимальный, это означает, что слушатели были единодушны в своих мнениях. У конденсатора Jantzen оценка ниже, а дисперсия максимальна. Это означает наибольший разброс мнений по его работе. Mundorf получил минимальный балл, и его оценки легли сравнительно "кучно".

Разница в средних оценках составила 0,5—1,5 градации десятибалльной шкалы. Согласно [11], это означает: "... разница в одну градацию — незначительное предпочтение, в 0,5 — практическое равенство в оценках". Можно сделать вывод, что участники теста оказали незначительное, но все же статистически заметное предпочтение конденсатору K73-16 по отношению к Mundorf MCap MKP Audiophile. Большая дисперсия оценок у Jantzen Superior Z-cap, скорее всего, означает, что те нюансы, которые он вносит в звучание, больше зависят от вкусовых предпочтений слушателей, нежели от каких-либо свойств самого конденсатора.

Несмотря на то что приведенные результаты выглядят достаточно убедительно, есть шанс, что наблюдаемая разница случайна. Поэтому была проверена статистическая значимость сравнения по критерию Стьюдента.

Пара Mundorf — K73-16 оказалась статистически значимой на уровне 0,02. Это означает, что вероятность того, что замеченная разница в конденсаторах закономерна, равна 98 %. Поскольку с точки зрения математики достаточно 90...95 % достоверности, можно сде-

лать вывод о действительном предпочтении конденсатора K73-16.

Пары Jantzen — Mundorf и Jantzen — K73-16 оказались статистически незначимы на уровне 0,1, т. е. вероятность закономерности их различий меньше 90 %. Причем если для пары Jantzen — K73-16 вероятность закономерности около 80 % (с точки зрения математики закономерности тут уже нет), то пара Jantzen — Mundorf статистически абсолютно незначима и разница между ними совершенно случайна.

И последний момент: "а судьи кто?". Не получилось ли так, что измерения, достоверность которых доказывалась выше, сделаны "измерительными приборами очень низкой точности" — неквалифицированными экспертами? Для этого вычислялось значение $1/F_{stat}$ для каждого из слушателей (в тестах компании Harman использовалось F_{stat} — отношение среднеквадратичного значения оценки к среднеквадратичному значению разбросов в оценках, т. е. к среднему значению погрешности), рис. 8. Можно считать, что на диаграмме показана погрешность оценок слушателя как измерительного прибора, и эта погрешность в своем большинстве невелика. Если отбросить мнение пятого эксперта, то

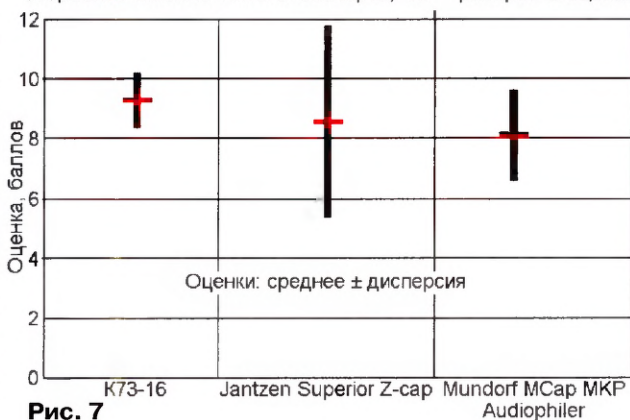


Рис. 7

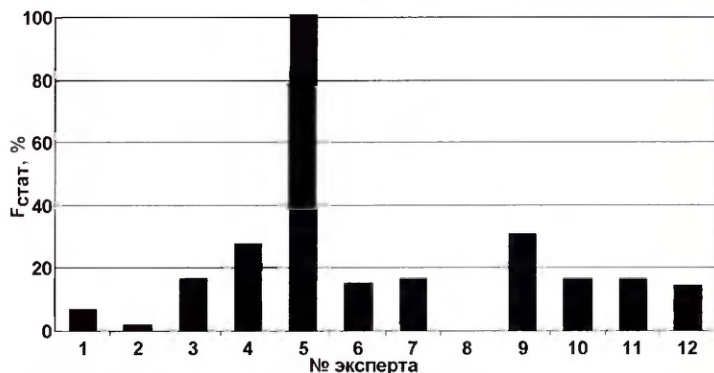


Рис. 8

разрыв между конденсаторами увеличивается, что еще больше подтверждает достоверность результатов. Но, по мнению авторов, в результате экспертизы должны быть включены оценки всех экспертов, хотя бы потому, что это мнение массового слушателя — потребителя аудиопродукции, т. е. именно того, кому придется платить деньги за аппаратуру.

Во втором тесте сравнивались парно с K73-16 некоторые другие конденсаторы (тест был также двойной слепой).

K73-16 против Jantzen Superior. На вопрос "какой из них вы бы использовали для себя?", все единогласно ответили: первый (второй звучит звонче, а первый глуше, но натуральнее).

K73-16 против Jensen (бумага, масло, фольга из алюминия). 60 % экспертов выбрали первый конденсатор, 40 % — второй.

K73-16 против MultiCap фольговый.

На тот же вопрос почти все, кроме одного, ответили "без разницы (разница мизерная)", а один человек предпочел K73-16.

Осталось ответить на последний вопрос: насколько условия прослушивания отвечали современным требованиям к их организации? Аппаратура была очень высокого качества, а помещение достаточно хорошо подготовлено для аудиотестов. В том же, что касается таких аспектов организации экспертизы, как отбор экспертов и тестовых фонограмм, а также число прослушиваний, то тут, конечно, с профессиональной точки зрения далеко не все было безупречно, что вполне объяснимо.

Кроме того, организаторов упрекали, что число экспертов было слишком велико и это "размыло картину теста". Опять обратимся к статье в [11]: "Учитывая, что разброс в оценках у опытных экспертов

гораздо меньше, для того чтобы получить статистически значимые субъективные оценки аппаратуры, можно приглашать небольшое число экспертов (5—6 человек, как требует стандарт МЭК), в то же время при использовании в качестве экспертов неопытных и неквалифицированных слушателей требуется большое количество экспертопоказаний, поэтому, когда в журналах помещают мне-

ние одного автора, это не имеет отношения к технике". Таким образом, полученные результаты заслуживают гораздо большего доверия, чем многие публикации о "явно слышимых преимуществах аудиофильских конденсаторов".

Выводы.

1. Аудиофильский миф о том, что дорогие специализированные аудиоконденсаторы "звучат хорошо", а обычные дешевые, и в особенности отечественные, всегда "звучат плохо", не имеет под собой

объективных оснований и не подтвердил субъективной экспертизой.

К реальным преимуществам специализированных аудиоконденсаторов можно отнести более предсказуемое качество изготовления и иногда меньший допуск на величину номинальной емкости. Остальные преимущества носят рекламный характер. Часто упоминаемый в аудиопрессе высокий уровень акустической развязки, исключающий возникновение микрофонного эффекта, имеет и целый ряд конденсаторов общего назначения, не использующих ни экзотических материалов, ни дорогостоящих конструктивных решений.

2. Не нашло своего подтверждения мнение, что полиэтилентерефталат (лавсан, полиэстер, майлар) как диэлектрик "противопоказан хорошему звуку". Можно с уверенностью утверждать, что отечественные лавсановые конденсаторы не хуже по звучанию гораздо более дорогих специализированных аудиоконденсаторов, поскольку при субъективной экспертизе вообще никто из достаточно подготовленных слушателей не отнес их к "плохо звучащим".

Отечественные ПЭТ конденсаторы К73-16, показавшие отличные результаты как при объективных измерениях, так и при субъективной экспертизе, можно смело рекомендовать в качестве недорогой альтернативы специализированным аудиоконденсаторам. В то же время популярные конденсаторы К73-17, имеющие в целом аналогичные электрические характеристики, но отличающиеся по конструкции, перед использованием желательно дополнительно контролировать, поскольку их конструкция не гарантирует должного качества изготовления.

3. Результаты проведенной субъективной экспертизы не означают ни то, что К73-16 — самые лучшие конденсаторы, ни то, что любые конденсаторы "звучат" одинаково, а лишь в очередной раз подтверждают очевидный факт: слышимые отличия определяются объективными параметрами. В данном случае различия характеристик конденсаторов тестированных типов (полипропиленовые, лавсановые и масляно-бумажные) могут вызывать лишь очень незначительную разницу, лежащую для подавляющего большинства слушателей около порога восприятия. Те же, кто в состоянии эти различия услышать, в конкретной аудиосистеме могут отдать предпочтение любому из рассмотренных выше типов конденсаторов.

Авторы выражают благодарность всем участникам форума Vegalab.ru, как непосредственно участвовавшим в подготовке и проведении субъективного тестирования, так и обсуждавшим его результаты на страницах форума. Особую благодарность авторы выражают известному разработчику акустических систем Георгию Крылову, без решающего участия которого подобное тестирование не смогло бы состояться.

ЛИТЕРАТУРА

11. **Алдошина И. А.** Субъективная оценка акустических систем. — Звукорежиссер, 2003, № 9. См. также <<http://rus.625-net.ru/audioproducer/2003/09/aldo.htm>>.

Редактор — А. Соколов, графика — Ю. Андреев, фото — В. Луканин

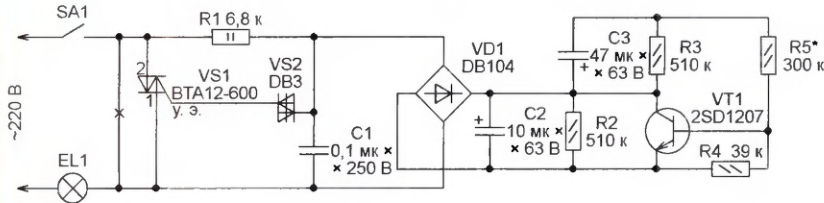
Устройство плавного включения ламп накаливания

Н. МЕШАЛКИН, г. Новокузнецк Кемеровской обл.

Я опробовал множество конструкций устройств плавного включения осветительных ламп накаливания. Одни не устроили меня слишком большими

выключения лампы, что подготавливает устройство к новому включению.

Установившееся значение напряжения на лампе около 200 В при напряже-



размерами и числом деталей, другие требовали обязательного присоединения к обоим сетевым проводам, что при существующей в квартире электропроводке не совсем удобно. Поэтому я решил самостоятельно разработать простое малогабаритное устройство, которое можно включить в разрыв любого из идущих к осветительным лампам проводов и разместить в установочной коробке стандартного выключателя либо в колпаке люстры. Его схема изображена на рисунке.

Здесь SA1 — уже имеющийся выключатель, управляющий лампой накаливания EL1. Далее мы будем говорить об одной лампе, не забывая о том, что их может быть и несколько, соединенных параллельно. Важно, чтобы суммарный ток ламп не превышал допустимого для симистора VS1, который, как показано на схеме, включают в разрыв провода, соединяющего лампу с выключателем.

Поскольку в момент замыкания контактов выключателя SA1 конденсатор C2 разряжен и напряжение на нем нулевое, близко к нулю и напряжение, приложенное к симметричному динистору VS2, и он закрыт. Закрыт и симистор VS1.

В результате зарядки конденсатора C2 напряжение, приложенное к динистору VS2, постепенно увеличивается, и он начинает открываться и открывать симистор VS1 в каждом полупериоде сетевого напряжения на все большее время. Яркость свечения лампы постепенно растет. Чтобы замедлить этот процесс, параллельно конденсатору C2 подключен интегратор на транзисторе VT1, охваченном обратной связью через конденсатор C3 и резистор R5.

При указанных на схеме номиналах элементов яркость лампы достигает максимума через 10 с после замыкания контактов выключателя SA1. Это значение можно изменить, подбирая резистор R5. Резисторы R2 и R3 нужны для разрядки конденсаторов, параллельно которым они подключены, после

выключения лампы, что подготавливает устройство к новому включению.

Установившееся значение напряжения на лампе около 200 В при напряже-

Редактор — А. Долгий, графика — А. Долгий

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Издательство "Наука и Техника" высылает книги наложенным платежом:

Справочники

Турута Е. Ф. Транзисторы в 2-х томах, 544 стр. — 504 руб. за два тома.

Турута Е. Ф. Активные SMD-компоненты: маркировка, характеристики, замена, 544 стр. — 252 руб.

Серия "500 схем для радиолюбителей"

Семьян А. П. Радиостанции и трансиверы, 272 стр. — 142 руб.

Семьян А. П. Современные передатчики, 352 стр. — 164 руб.

Семьян А. П. Источники питания, 416 стр. — 186 руб.

Кляровский В. А. Усилители мощности любительских радиостанций, 256 стр. — 164 руб.

Днищенко В. А. Дистанционное управление моделями, 464 стр. — 219 руб.

Компьютерная литература

Цифровое фото, видео, аудио. Практический самоучитель от Computer Bild + DVD, 384 стр. — 275 руб.

Королев В. Д. Компьютер на Флешке. Работающие Windows, Linux, офис и 150 самых полезных программ у вас в кармане. Самоучитель (Книга + DVD с программами, видеокурсом), 256 стр. — 252 руб.

Цены указаны без учета почтовых расходов.

Звоните: 8-812-412-70-25.

Пишите: admin@nit.com.ru

192029, С.-Петербург, а/я 44.

Подробно о книгах на www.nit.com.ru