

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ НА ЗВУЧАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ

В настоящее время на рынке радиоэлементов предлагается большое количество разных типов конденсаторов, как отечественных, так и зарубежных, применяемых в качестве разделительных в ламповых усилителях (1-3). С целью определения, какие типы конденсаторов предпочтительны к использованию в любительских конструкциях, были проведены электрические измерения характеристик конденсаторов, попавших мне под руку, и субъективная оценка их влияния на звук. Наибольшее внимание уделялось отечественным изделиям, потому что наша промышленность производила (с грустью, в прошедшем...) конкурентоспособные, а часто - и уникальные изделия, во-вторых, отечественные радиоэлементы более доступны любителям. Оговорюсь, что эта статья не претендует на полноту обзора всех имеющихся типов конденсаторов, а призвана лишь помочь любителям хорошего звука в применении того или иного типа. Рекомендую также ознакомиться со статьей (3).

Избавлю уважаемого читателя о теоретических выкладок, диаграмм и прочего, все это подробно изложено в (1, 3). Буду подробно рассматривать лишь емкость конденсатора C_x и потери энергии переменного сигнала, выражаемые тангенсом угла потерь D_x . Отмечу, что фактор D_x зависит от материала диэлектрика, и во многом - от конструкции конденсатора и технологии производства. Причем параметры C_x и D_x зависят как от частоты, так и от амплитуды приложенного к конденсатору сигнала. Эти параметры измерялись цифровым измерителем иммитанса E7-14, Позволяющего производить измерения на частотах 100 Гц, 1 кГц и 10 кГц при величине переменного сигнала 2 В rms (для частоты 10 кГц проводились измерения также сигналом с уровнем 40 мВ) (4). Результаты измерений сведены в табл. 1.

Таблица 1

| Наименование | 100 Гц | | 1 кГц | | 10 кГц | | |
|---|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---|------|
| | C_x | $D_x \cdot 10^{-3}$ | C_x | $D_x \cdot 10^{-3}$ | C_x | $D_x \cdot 10^{-3}$ $U_{\text{эф}} = 0,05 \text{ В}$ | |
| СГМ-3 1100 пФ 500в | 1062 | 1,0 | 1060 | 0,5 | 1060 | 0,1 | 0,1 |
| К 40У-9 10000 пФ 630в | 9806 | 2,9 | 9755 | 4,0 | 9893 | 6,9 | 6,8 |
| К 40У-9 0,33 мкФ 630в | 0,315 | 2,4 | 0,314 | 3,8 | 0,312 | 7,0 | 5,6 |
| Audio Note Audio Signal Capacitor Paper In Oil Type 0,47 мкФ 630в | 0,469 | 2,5 | 0,468 | 4,1 | 0,464 | 7,9 | 6,6 |
| К71-4 0,47 мкФ 250в | 0,459 | 0,6 | 0,459 | 0,1 | 0,459 | 0,4 | 0,9 |
| К71-4 1,8 мкФ 180в | 1,878 | 0,2 | 0,879 | 0,1 | 1,880 | 0,6 | 0,7 |
| К71-7 0,201 мкФ $\pm 0,5\%$ 250в | 0,2016 | 0,4 | 0,2016 | 0,1 | 0,2016 | 0,2 | 1,3 |
| К72п-6 0,2 мкФ 500в | 0,2005 | 0,4 | 0,2004 | 0,1 | 0,2005 | 0,2 | 1,3 |
| К72п-6 0,047 мкФ 500в | 0,0467 | 0,2 | 0,0467 | 0,1 | 0,0467 | 0,0 | 0,7 |
| ФТ-3 0,22 мкФ 200в | 0,223 | 0,4 | 0,223 | 0,1 | 0,223 | 0,9 | 0,5 |
| MultiCap НТХ 0,22 мкФ 600в | 0,208 | 0,4 | 0,206 | 0,1 | 0,206 | 0,1 | 1,3 |
| К73-17 0,47 мкФ 630в | 0,488 | 1,1 | 0,486 | 5,0 | 0,481 | 11,4 | 10,0 |
| К75-10 10,0 мкФ 250в 50 Гц | 9,772 | 2,1 | 9,737 | 4,0 | 9,813 | 18,0 | 17,1 |
| ОС К76-3а 5,8 мкФ 250в | 5,724 | 5,3 | 5,67 | 9,1 | 5,594 | 15,3 | 14 |
| ОС К77-1 12000 пФ 400в | 12227 | 0,5 | 12209 | 0,8 | 12194 | 1,4 | 1,2 |
| ОС К77-1 0,1 мкФ 100в | 0,0998 | 0,2 | 0,0997 | 1,0 | 0,0995 | 1,6 | 0,4 |
| ОС К77-1 10 мкФ 63в | 9,993 | 0,4 | 9,988 | 1,0 | 10,08 | 10,8 | 10,0 |
| К78-2 0,2 мкФ 315в | 0,198 | 0,3 | 0,198 | 0,2 | 0,198 | 0,1 | 1,4 |
| К78-2 0,2 мкФ 1000в | 0,211 | 0,3 | 0,211 | 0,1 | 0,211 | 0,1 | 1,4 |
| WIMA MKP10 0,47 мкФ 630в | 0,479 | 0,5 | 0,479 | 0,2 | 0,479 | 0,1 | 1,0 |
| Solen MKP-PC 4,0 мкФ 450в | 4,079 | 0,1 | 4,080 | 0,1 | 4,087 | 0,5 | 0,5 |
| MultiCap PPFХ-S 0,22 мкФ 600в | 0,221 | 0,3 | 0,221 | 0,2 | 0,221 | 0,1 | 1,3 |
| КБГ-МН 4 мкФ 1000в | 3,69 | 3,1 | 3,68 | 5,4 | 3,69 | 31 | 28 |
| SHOEI 100 мкФ 18в | 98,7 | 63 | 93,1 | 368 | 78,7 | 2878 | 2990 |
| К50-35 200 мкФ 25в | 203,4 | 154 | 175,4 | 914 | 85,3 | 3423 | 3500 |
| Matsushita 180 мкФ 400в | 183 | 33 | 159 | 210 | 145 | 1729 | 1820 |
| К52-2 80 мкФ 6в | 78,9 | 107 | 41 | 738 | 6,9 | 1600 | 1600 |
| К53-28 88 мкФ 16в | 67,8 | 6,8 | 67,4 | 23,7 | 65,7 | 169 | 172 |

Субъективная оценка влияния конденсаторов на звук проводилась в два этапа. Первоначально использовался метод исключения, когда оцениваемый конденсатор C_x (рис. 1), включенный на входе усилителя, шунтировался контактами реле.

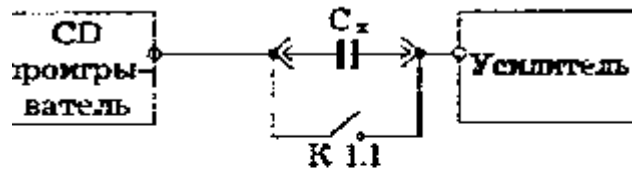


Рис. 1

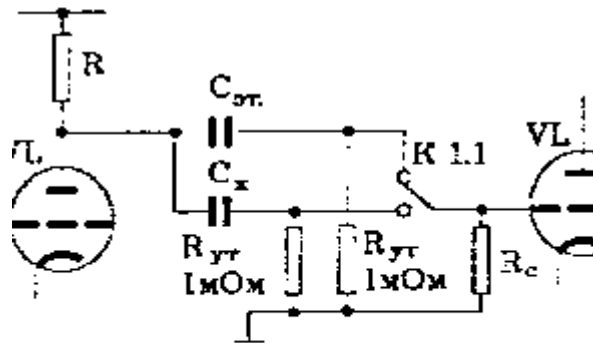


Рис. 2

После этого использовался метод замещения или попарного сравнения:

1. в самодельном двухтактном усилителе на EL34 конденсаторы подключались между драйверным и выходным каскадами;
2. в одноконтном усилителе на 300В по схеме Н. Reichert*а между тремя каскадами.

Схема установки показана на рис. 2, в качестве эталонного конденсатора С_{эт} использовались конденсаторы MIT Multi Cap RTX. Прослушивание проводилось на комплекте аппаратуры стоимостью около 4000 USD следующим образом. Трое моих друзей, далеких от технических подробностей, но любящих и ценящих музыку (отдельное им спасибо за то время, что они потратили!), отдельно записывали свои впечатления от звучания, причем в момент прослушивания они не знали, подключен ли Multi Cap за 16 USD, или K78-2 за 3 одереженевших RusRubl. Обобщенные результаты субъективных экспертиз я привожу в табл. 2

Таблица 2

| Тип конденсатора | Субъективная оценка влияния на звук | Возможная область применения |
|-----------------------|---|---|
| СГМ | В качестве шунтирующего для разделительных конденсаторов улучшает передачу «воздуха», может излишне подчеркивать высокочастотные составляющие | Корректоры RIAA Шунтирование конденсаторов других типов |
| K40y-9, Audio Note | Красивый мягкий музыкальный звук, но может проявляться завуалированность общей картины (мутноватость) | Разделительные конденсаторы |
| K71 | Легкое ограничение баса, слегка окрашенный ВЧ диапазон | K71-7, ПОВ — корректоры RIAA K71-4 — разделительные, фильтры акустических систем |
| K75, K76 | Окрашивание звучания, потеря микродинамики | Блоки питания |
| K72п-6, MultiCap | Нейтральный звук, прекрасная передача микродинамики | Разделительные Шунтирование конденсаторов |
| ФТЗ | По передаче нюансов звучания и расположения инструментов в пространстве — наилучший | Разделительные Шунтирование конденсаторов |
| K77 | Легкое упрощение звуковой картины, сглаживание шероховатости звучания | Шунтирование катодных резисторов Фильтры акустических систем |
| K78, WIMA MKP | Смазывание баса, пропадают послезвучия инструментов, сильное упрощение звуковой картинки | Шунтирование блоков питания |
| Solen | Потеря микродинамики звучания инструментов | Блоки питания Фильтры акустических систем |
| MultiCap PPFX-S | Лучший среди полипропиленовых, но по передаче «воздуха» уступает RTX | Разделительный Шунтирование конденсаторов |

Что же можно сказать по результатам измерений и прослушивания? С моей точки зрения, наибольший интерес в качестве разделительных представляют бумагомасленные фольговые K40y-9 и фторопластовые ФТ, K72п-6 конденсаторы, которые ни в чем не уступают своим именитым аналогам. Примечательно, что у конденсаторов K40y-9 и ФТЗ тангенс угла потерь снижается с уменьшением уровня сигнала и достигает у ФТЗ $D_x=0,0005$, что, по-видимому, благоприятно сказывается на звуке. Конденсаторы MIT Multi Cap оправдали свою популярность, а вот изделия французской фирмы Solen я бы не рекомендовал использовать в слабосигнальных цепях, тогда как их применение в сильноточных цепях - в разделительных фильтрах акустических систем и в блоках питания дает прекрасные результаты. Заслуживают внимания и поликарбонатные конденсаторы K77, имеющие достаточно большую емкость при небольших габаритах, а также и полистирольные K71. Комбинированные K75 и лакопленочные K76, несмотря на тенденцию снижения D_x при уменьшении амплитуды сигнала лучше использовать в блоках питания, тем более, что для этого они и разрабатывались. В конце табл. 1 приведены результаты измерения электролитических конденсаторов (начиная с южнокорейских SHOEI), выводы делайте сами.

Несмотря на хорошие показатели оксидно-полупроводниковых конденсаторов К53-28, их применение для шунтирования катодных резисторов приводит к появлению резкости, "механистичности" в звуке. Если есть возможность, применяйте в блоках питания усилителя конденсаторы КБГ-МН, К75-24 и т. п. (если только потом сможете такой усилитель поднять...)

Какие выводы я хочу сделать? Итак:

1. Измерение параметров не дает полной информации, будет "звучать" данный конденсатор или нет; хотя стабильность характеристик в широком диапазоне и снижение потерь при уменьшении сигнала является обнадеживающим фактором.

2. Чем слабее сигнал, тем большее влияние на него может оказать диэлектрик разделительного конденсатора. Влияние конденсаторов в фильтрах акустических систем и на выходе драйверных каскадов менее ощутимо, чем во входных. В последних это влияние особенно заметно при больших значениях сеточного сопротивления утечки, что оправдывает применение схем с гальванической связью, то есть без разделительного конденсатора.

3. Верно, конденсаторы оказывают влияние на звук, но не стоит это влияние переоценивать, так как оно несоизмеримо слабее, чем влияние выходных и прочих трансформаторов, схемотехники (в частности, выбор режимов ламп, тип ламп и экземпляров ламп). Как показывает опыт, изменение режима работы лампы входного каскада кардинально меняет звук всего усилителя, тогда как замена разделительных конденсаторов в посредственном усилителе не изменит практически ничего, пусть даже и стоимость такого "чуда" возрастет вдвое.

4. Ламповый усилитель, при внешней простоте схемы, является устройством, где все узлы, элементы, конструкция комплексно взаимодействуют как между собою, так и с внешними устройствами: источником сигнала, акустическими системами (а через них и с помещением прослушивания), электрической сетью. Причем чувствительность к типу применяемых радиоэлементов разных узлов усилителя так же может изменяться с учетом изложенных факторов*. Поэтому определять, какой тип конденсаторов (резисторов, проводников) предпочтителен в данной конкретной конструкции, необходимо уже после того, как отработана схемотехника, конструкция усилителя. При этом не отменяются личные пристрастия разработчика и то, с какой другой аппаратурой и для прослушивания каких музыкальных жанров усилитель будет использоваться и, что немаловажно, какова планируемая себестоимость Вашего создания (или возможности Вашего кошелька).

5. Не без гордости отмечу, что отечественные конденсаторы (наряду с радиолампами, резисторами) обеспечивают прекрасное качество звука при их грамотном применении.

Хочу пожелать самодеельщикам успехов в их таком прекрасном хобби! Побольше экспериментируйте, пробуйте различные радиоэлементы, лампы, схемы (не отрицая огульно при этом классические), и это поможет вам по-настоящему почувствовать музыку! Смею надеяться, что вышеизложенный материал окажется Вам полезен.

Список литературы:

1. Справочник по электрическим конденсаторам / Под ред. И. И. Четвертакова, В. Ф. Смирнова. М., 1983.

2. The Parts Connection, (Каталог радиодеталей, 1997 г.)

3. Фрунджян Артур. Маленькие секреты конденсаторов / Класс А. - 1996. - спецвыпуск - с. 12-15.

4. E7-14. Измеритель иммитанса. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

Аппаратура, используемая при прослушивании:

Проигрыватель CD Exposure CD Player, усилители MARANTZ PM 16, Arion Nereus 300B (редкая недоделка, даром что от П. Квортрупа!), колонки переделанные Cerwin Vega DX9, шнуры все TARA Labs Reference, диски Focal, Pope Music.