

## Новая жизнь старых радиоламп

В последние годы разработчики аудиоаппаратуры всего мира вновь обратили свое внимание на радиолампы. Это касается не только крупных и мелких частных фирм, но также и простых радиолюбителей, желающих добиться к высокому качеству звуковоспроизведения, а именно класса High-End. Основная схемотехническая база сформировалась еще в 30-е годы XX века и была дополнена новыми оригинальными решениями уже в наше время.

Хотелось бы отметить такой малоизвестный, но очень важный фактор, гарантирующий качественную и безотказную работу радиоламп, как жестчение, или тренировка.

В пик своего расцвета в 40-60-е годы, радиолампы проходили частичную тренировку на заводах изготовителей, и так как в магазинах лампы не залеживались, вопрос о жестчении не стоял.

Однако во время хранения внутри лампы происходят сложные физико-химические, но обратимые, процессы. Как следствие, это приводит к ухудшению исходных характеристик лампы.

К негативным изменениям характеристик относятся уменьшение тока катода, увеличение дробового эффекта и теплового шума, а также повышенная вероятность межэлектродного пробоя и склонность к внезапным отказам. Весьма отрицательно на параметры лампы влияет также и частичная потеря вакуума, которая и является основной причиной всех бед.

Во многих случаях можно улучшить вакуум в лампе и сделать ее вполне пригодной для работы путем специальной тренировки, которую принято называть "жестчением".

Жестчение можно производить либо в том устройстве, в котором лампа работает, либо в специальной установке.

Рекомендуется следующий порядок жестчения ламп:

1. В течение 2-х минут плавно увеличивать напряжение накала до номинального значения.
2. Выдержать лампу при нормальном напряжении накала (без других питающих напряжений) 20-30 минут.
3. Включить отрицательное напряжение сетки.
4. Включить напряжение анода, не превышающее половины номинального значения, выдержать 5-10 минут и затем повышать его ступенями через 5%-10% до номинального значения, выдерживая на каждой ступени 5-10 минут.

При приближении к номинальному значению напряжения время выдержки на каждой ступени следует немного увеличить (до 15-20 минут). Если при повышении напряжения в лампе произойдет разряд, следует снизить напряжение на одну ступень, выдержать 10-15 минут и затем снова повышать напряжение ступенями до нормального.

Для предохранения лампы от повреждений в случае пробоя в анодную цепь при жестчении необходимо включать сопротивление в 3-5 раз больше обычного ограничительного сопротивления, включаемого при нормальной работе лампы. В конце жестчения, при отсутствии разрядов, величину сопротивления следует уменьшить до номинального значения.

При повышении напряжения во время жестчения необходимо следить за тем, чтобы мощности, рассеиваемые электродами, не превышали предельно допустимых значений. Регулировку тока анода можно производить изменением напряжения смещения сетки.

После того как напряжение анода доведено до номинального рабочего значения и в течение 20-30 минут не было разрядов или каких-либо аномалий в работе лампы, рекомендуется увеличить напряжение анода на 5-10% выше номинала и выдержать 10-15 минут. После этого, при отсутствии разрядов, лампу можно включать в работу.

Жестчение можно также производить в динамическом режиме. В этом случае лампа включается при пониженных значениях питающих напряжений и, после выдержки в течение 6-10 минут, напряжения и нагрузка медленно повышаются ступенями до нормальных значений.

В заключение, из своего многолетнего опыта работы на ламповом оборудовании, хотелось бы отметить, что лампы, прошедшие указанную выше тренировку, работали годами в конденсаторных ламповых микрофонах Georg Neumann без ухудшения своих параметров.

Это также относится и к отечественным лампам, стоявшим в первых каскадах микрофонных усилителей. Во время проведения студийных и внестудийных записей не было ни одного случая внезапного отказа. Измерения проводились регулярно, каждые три месяца.

Жизнь большинства ламп удалось продлить, таким образом, десятикратно. Жестчение позволило также заменить в оконечных усилителях с высоким анодным напряжением свыше 600В специализированные лампы EL34 на более доступные по цене лампы, производимые в бывших социалистических странах. Прострелов и межэлектродных замыканий при этом не наблюдалось. Хочется выразить свою благодарность Евгению Васильченко (FidoNet 2:5049/102.6), за применение вышеуказанных рекомендаций в своих разработках. Это показало, что возможно использовать лампы 6ПЗС-ЕВ старых годов выпуска в усилителях при анодном напряжении до 700В! Длительная работа не выявила никаких недостатков.

## Основные рекомендации по применению приемно-усилительных радиоламп

Современные приемно-усилительные лампы имеют, как правило, оксидный катод, состоящий из металлического зерна (основания) с активным покрытием из щелочноземельных металлов.

Оксидный катод является тем элементом лампы, стабильность и долговечность которого определяет, в основном, качество работы и долговечность лампы в эксплуатации. Наилучшие результаты дает эксплуатация ламп при номинальном напряжении накала катода. Превышение номинального напряжения накала катода (перекал) приводит к повышению температуры катода, увеличению скорости испарения активирующих катод веществ и осаждению их на других электродах. Это, в свою очередь, ведет к понижению электронной эмиссии катода, падению анодного тока и крутизны характеристики лампы. Кроме того, напыление активирующих веществ на сетки и анод лампы способствует возрастанию термоэлектронного тока с этих электродов, а также приводит к сдвигу характеристики лампы в связи с изменением контактной разности потенциалов между катодом и другими электродами лампы. Понижение напряжения накала оксидного катода против номинального (недокал) приводит к снижению его температуры и к преобладанию процессов, дезактивирующих катод, над процессами, активирующими его, в результате чего также происходит быстрое снижение его электронной эмиссии.

Превышение предельно допустимых значений мощности рассеивания на электродах лампы может привести к резкому возрастанию газоотделения из электродов и к порче оксидного катода выделившимися газами. Не рекомендуется применять последовательное включение накала более двух ламп (кроме случаев, когда лампы предназначены для этого), так как при последовательном включении одной группы ламп катод может оказаться в режиме перекала, а у другой – в режиме недокала. Катоды приемно-усилительных ламп делятся на две группы: катоды прямого накала и катоды косвенного накала. В катоде прямого накала нагревающий его ток проходит непосредственно по металлическому сердцу, на который нанесен слой оксида. В катоде косвенного накала нагрев металлического сердца катода, несущего слой оксида, осуществляется при помощи электрически изолированного от него подогревателя. Катод прямого накала имеет большую экономичность, чем катод косвенного накала, и меньшую тепловую инерцию (время разогрева).

Преимуществом приемно-усилительных ламп с катодом косвенного накала является большая механическая прочность и возможность применения для питания накала переменного тока.

При эксплуатации ламп с катодом прямого накала следует придерживаться некоторых правил.

1. В зависимости от величины напряжения накала лампы соединять батареи накала с таким расчетом, чтобы их напряжение незначительно превышало номинальное значение напряжения накала.
2. Общую точку источников питания анода и сеток ламп подключать к отрицательному полюсу батареи накала. Для регулировки напряжения накала рекомендуется применять реостат, подключая его к положительному полюсу батареи накала.

При эксплуатации ламп с катодом косвенного накала следует обращать внимание на то, чтобы напряжение между катодом и подогревателем не превышало допустимого для данного типа лампы значения, указанного в справочных данных. Превышение этого напряжения может вызвать пробой изоляционного покрытия подогревателя и порчу лампы. Весьма существенное значение для эксплуатации ламп имеет правильный выбор сопротивлений в цепи управляющей сетки. Сопротивление в цепи управляющей сетки должно быть минимальным, особенно для ламп с большой крутизной характеристики. В этих лампах, при большой величине сопротивления, включенного в цепь сетки (1-2 мОм), возникновение незначительного обратного тока приведет к резкому возрастанию тока анода и, следовательно, мощности рассеяния на аноде. В ряде случаев этот процесс нарастает лавинообразно и выводит лампы из строя. По этим соображениям, величина сопротивления в цепи управляющей сетки не должна превышать значений, оговоренных в справочнике для соответствующих типов ламп. Во всех случаях применения ламп с большой крутизной характеристики следует использовать схему подачи автоматического смещения. Эта схема снижает опасность недопустимых перегрузок ламп при их смене и при колебаниях питающих напряжений, обеспечивает большую стабильность и меньшую зависимость работы устройства от индивидуальных особенностей ламп. Приемно-усилительные лампы устойчивы к воздействию окружающих пониженных и повышенных температур (от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ) и повышенной относительной влажности окружающего воздуха (до 98%). Устойчивость работы лампы при повышенной температуре окружающего воздуха определяется температурой баллона в его наиболее нагретой части. Перегрев баллона лампы вызывает повышенное газоотделение из стенок баллона, нарушение работы газопоглотителя, в ряде случаев способствует развитию процесса электролиза стекла у ножки лампы, что приводит к преждевременному выходу лампы из строя. Температурный режим баллона зависит от условий излучения, теплопроводности и конвекции, определяемых размерами и свойствами поверхностей предметов, окружающих лампы.

Поэтому при конструировании аппаратуры рекомендуется:

1. Избегать применения экранов во всех случаях, когда это не вызвано необходимостью электростатической экранировки.
2. При использовании экранов создавать облегченные условия теплоотвода от баллона лампы за счет конвекции воздуха, а также применять экраны с малоотражающими поверхностями (черненные экраны).
3. Учитывать условия охлаждения ламп при выборе расположения элементов аппаратуры.
4. Проверять температурный режим ламп.

Предельно допустимая температура баллона неодинакова для разных типов ламп. В среднем, для выходных ламп она не должна превышать  $150^{\circ}\text{C}$  в условиях эксплуатации.

Все лампы могут кратковременно работать в условиях вибрации при частотах от 20 до 70Гц и ускорениях до 2.5g, но, по возможности, следует принимать все меры амортизации ламп.

При использовании пальчиковых и других бесцокольных ламп с жесткими выводами (штырьками), для устранения опасности разрушения стекла ножки необходимо соблюдать следующие условия:

1. Применять ламповые панели только заводского изготовления.
2. При монтаже аппаратуры принимать меры, предотвращающие нарушение нормального расположения плавающих контактов гнезд панелей. Для этого рекомендуется вести монтаж панелей при вставленных в них калибрах или старых ламп.
3. Вставлять и вынимать лампу в положении, перпендикулярном плоскости панели.  
Указания по эксплуатации сверхминиатюрных ламп:
  1. Счет выводов ведется от цветной метки. Сгибание выводов у стекла недопустимо. Гнуть выводы, паять их или зажимать под винт разрешается на расстоянии не менее 5 мм от гребня ножки, во избежание появления трещин и сколов в стекле.
  2. Сколы и небольшие трещины у выводов, не вызывающие натекания в течение 7 – 14 суток после их образования, допустимы. Признаком отсутствия натекания является наличие налета газопоглотителя на куполе баллона или величина обратного тока сетки в пределах нормы.
  3. Во избежание изгибов и натяжения выводов следует крепить лампы за баллоны при помощи резиновых держателей. Допускается крепление ламп в металлическом пружинящем тонкостенном держателе, который может одновременно служить емкостным экраном.
  4. Температура стекла баллона во время работы должна быть как можно более низкой. Следует принимать меры по максимальному охлаждению ламп, так как повышение температуры понижает долговечность ламп. Измерение температуры баллонов должно производиться при помощи термопары диаметром не более 0.1 мм.
  5. В случае применения ламп в наиболее жестком режиме работы или при пониженном атмосферном давлении рекомендуется погружать лампы в охлаждающую жидкость, обладающую должными диэлектрическими свойствами.
  6. При работе на высокой частоте следует напаивать выводы не далее 8-10 мм от стекла, обрезая лишние концы.
  7. Загрязнение стекла между выводами ведет к снижению сопротивления изоляции. Промывать стекло следует чистой водой или спиртом при помощи щеточки.

Александр Воробьев, alex@hit.mldnet.com