Адаменко М. В.

Ламповые УНЧ. Секреты схемотехники

ДМК ПРЕСС
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Москва, 2011

УДК 621.375.2
ББК 32.846
А28

А28 **Адаменко М. В.**
Ламповые УНЧ. Секреты схемотехники. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

ISBN 978-5-94074-414-6

В предлагаемой книге рассматриваются особенности конструкции ламповых усилителей низкой частоты.

В первой главе дан краткий обзор истории изобретения и развития электровакуумных приборов, а также приводится краткая информация о принципах действия и особенностях функционирования электронных ламп, конструктивные особенности, отечественная и европейская системы обозначений. Во второй главе изложены основополагающие сведения об особенностях функционирования усилительного каскада на электронной лампе. Рассмотрению основных схемотехнических решений, применяемых при создании любительской и промышленной низкочастотной усилительной аппаратуры, посвящена третья глава. В четвертой главе рассматриваются практические конструкции ламповых усилителей низкой частоты, выполненных на отечественных и зарубежных приемно-усилительных лампах.

При выборе схем ламповых усилителей НЧ, рекомендуемых для повторения, автор особое внимание обращал на соблюдение своеобразной преемственности, т. е. принципа «от простого – к сложному». Приведенные в первых разделах четвертой главы принципиальные схемы простых ламповых УНЧ служат основой для более сложных конструкций, рассматриваемых далее. Таким образом, начинающие радиолюбители, собрав простейший ламповый усилитель, смогут с помощью рекомендованных усовершенствований и дополнений создать высококачественные многоламповые УНЧ.

Книга предназначена для радиолюбителей, интересующихся вопросами конструирования высококачественных ламповых усилителей низкой частоты.

УДК 621.375.2
ББК 32.846

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-414-6

© Адаменко М. В., 2011
© Оформление, ДМК Пресс, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание **3**
Список сокращений **7**
От автора **8**
Предисловие **9**

Глава 1. Приемно-усилительные радиолампы **11**

1.1. Принцип действия электронной лампы **13**

Движение электронов в двухэлектродной и трехэлектродной лампах 13
Принцип действия усилительной радиолампы 19
Классификация, характеристики и параметры электронных ламп 23
Особенности конструкции радиоламп 25

1.2. Основные типы приемно-усилительных ламп **33**

Диод 34
Триод 39
Тетрод 53
Лучевой тетрод 63
Пентод 70
Комбинированные лампы 80

1.3. Системы обозначений ЭВП. Особенности замены приемно-усилительных ламп **83**

Системы обозначений отечественных электронных ламп 83
Зарубежные системы обозначений ЭВП 91
Особенности замены приемно-усилительных ламп 99

Глава 2. Электронная лампа в усилителе низкой частоты **103**

2.1. Усилительный каскад на электронной лампе **104**

Принцип действия усилительного каскада на электронной лампе 104
Основные способы формирования напряжения смещения 109
Основные режимы работы ламповых усилителей НЧ 113
Виды и способы включения нагрузки в ламповых усилительных каскадах 118

2.2. Искажения в ламповом усилителе НЧ..... 126

Нелинейные искажения 127
Частотные искажения 130
Фазовые искажения 131

2.3. Шумы в ламповом усилительном каскаде 132

Классификация и основные причины возникновения шумов в ламповом УНЧ 132
Электрические флуктуации в твердых телах 135
Внутренние шумы электронных ламп 139
Шумы и фон переменного тока промышленной частоты 141
Внешние воздействия. Взаимное влияние элементов 143

2.4. Обратная связь в ламповых усилителях НЧ 144

Виды обратной связи 144
Ослабление искажений с помощью отрицательной обратной связи 148
Самовозбуждение усилителей с обратной связью 151

2.5. Особенности усилительных каскадов на тетроде и пентоде 152

Усилительный каскад на пентоде 152
Каскад с распределенной нагрузкой 155
Ультралинейный каскад 159
Ультралинейный усилитель с катодной связью 161

2.6. Катодный повторитель в ламповых усилителях НЧ... 163

Основные свойства катодного повторителя 164
Режимы работы катодного повторителя 170
Катодный повторитель во входных каскадах 178
Катодный повторитель в выходных и предвыходных каскадах 180

2.7. Каскодный усилитель в ламповых УНЧ 184

Особенности каскодного усилителя 184
Выбор ламп для каскодного усилителя 188
Основные параметры каскодного усилителя 190

Глава 3. Схемотехнические особенности ламповых усилителей низкой частоты 193

3.1. Общие принципы построения усилителей низкой частоты 194

Назначение и основные параметры усилителей низкой частоты 194

Особенности классификации ламповых усилителей НЧ.....198

3.2. Предварительные усилители 201

Особенности ламповых предварительных усилителей НЧ 202
Усилительный каскад с реостатной нагрузкой 204
Особенности усилительного каскада на пентоде.....210
Катодные повторители в предварительном усилителе.....212
Каскодные схемы в предварительном усилителе 216

3.3. Усилители мощности..... 220

Особенности ламповых выходных усилителей НЧ.....221
Однотактные усилители мощности 222
Двухтактные усилители мощности с трансформаторным выходом.....225
Двухтактные усилители мощности без выходного трансформатора.....229
Параллельное включение ламп 235
Отрицательная обратная связь.....239

3.4. Фазоинверсные схемы в ламповых усилителях НЧ... 242

Усилительный каскад с симметричным трансформаторным выходом.....243
Усилительный каскад на сопротивлениях с симметричным выходом.....245
Двухтактные самобалансирующиеся фазоинверсные каскады.....248
Самобалансирующийся каскодный фазоинверсный каскад.....252
Фазоинверсные каскады с упрощенной схемой поворота фазы.....253

3.5. Особенности схемотехники блоков питания ламповых усилителей НЧ..... 256

Источники питания цепей анода и экранных сеток.....256
Источники питания цепей накала 260
Устранение фона переменного тока 265

3.6. Регулировки в ламповых усилителях НЧ 273

Регуляторы коэффициента усиления 274
Регуляторы тембра.....286

Глава 4. Практические конструкции ламповых усилителей низкой частоты..... 307

4.1. Простые ламповые усилители НЧ для начинающих .. 308

Одноламповые усилители низкой частоты.....308

Усилители НЧ на двух лампах....325

4.2. Многокаскадные и многоламповые усилители НЧ 332

Простые двухтактные усилители низкой частоты 332
Многоламповые усилители НЧ на импортных лампах....344

4.3. Ламповые усилители низкой частоты из узлов и блоков промышленной радиоаппаратуры..... 356

Ламповые УНЧ отечественной радиоаппаратуры III и IV классов....357
Ламповые УНЧ отечественной радиоаппаратуры II класса....364
Ламповые УНЧ отечественной радиоаппаратуры высшего класса....368
Ламповые УНЧ зарубежной радиоаппаратуры....380

Заключение 391

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АРУ	автоматическая регулировка усиления
АС	акустическая система
АЧХ	амплитудно-частотная характеристика
БП	блок питания
ВЧ	высокая частота
ДВ	длинные волны
ЗС	звукосниматель
ЛК	левый канал
НЧ	низкая частота
ООС	отрицательная обратная связь
ОС	обратная связь
ПК	правый канал
ПОС	положительная обратная связь
ПУ	предварительный усилитель
СВ	средние волны
СЧ	средняя частота
УКВ	ультракороткие волны
УМ	усилитель мощности
УН	усилитель напряжения
УНЧ	усилитель низкой частоты
ФВЧ	фильтр высоких частот
ФНЧ	фильтр низких частот
ЭВП	электровакуумный прибор
ЭМИ	электромузыкальный инструмент

ОТ АВТОРА

Уважаемые читатели!

Прежде чем вы начнете читать данную книгу, считаю необходимым ознакомить вас со следующей информацией.

Любые оценки, мнения, рекомендации, высказанные в этой книге, являются личными оценками, мнениями автора и не могут рассматриваться как реклама или антиреклама.

Автор старался предоставлять точную и проверенную информацию, однако не может гарантировать полную достоверность изложенных в книге материалов, схем, рисунков и таблиц. Предлагаемые описания физических процессов и принципов функционирования, определения и разъяснения не претендуют на академическую точность, поскольку данная книга представляет собой не учебник, а популярное издание, предназначенное для широкого круга читателей, часто не обладающих достаточно глубокими знаниями рассматриваемой тематики.

Ссылки, а также иные сведения даются исключительно в информационных целях.

Вся информация, изложенная в данной книге, приводится «как есть» (as is) с возможными ошибками, без гарантий любого вида, прямо выраженных или подразумеваемых. Поэтому ни автор, ни издательство не несут ответственность за возможные последствия, вызванные использованием приведенных в данной книге материалов, рисунков, схем и иной информации, в том числе за любые прямые или косвенные убытки, возникшие в результате практического или теоретического применения сведений, изложенных в этой книге.

Использование рисунков, таблиц и схем, приводимых в этой книге, а также иной изложенной в ней информации осуществляется читателем на собственный страх и риск с возложением на него ответственности за все возможные последствия, в том числе за возникшие у него или у третьих лиц прямые или косвенные убытки.

С уважением и наилучшими пожеланиями,

М. В. Адаменко

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время интерес к радиолампам со стороны многих представителей современного поколения радиолюбителей и профессионалов вновь возрастает. Данный факт объясняется не только тем, что всегда существовали, существуют и будут существовать самоотверженные любители старины, которые находят и восстанавливают ламповые радиоприемники и телевизоры. Основная причина повышенного интереса наших современников к радиолампам более прозаична. Дело в том, что и по сей день существует область радиотехники, где победа полупроводниковых приборов над радиолампами в обозримом будущем представляется довольно сомнительной. Конечно, в подавляющем большинстве видов современной радиоэлектронной аппаратуры возврат к ламповым конструкциям, по меньшей мере, необоснован. Однако в области разработки, создания и эксплуатации профессиональной и любительской высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры большой мощности число приверженцев схемотехнических решений с использованием радиоламп постоянно растет.

По мнению многих специалистов, как радиолюбителей и профессионалов, так и музыкантов, растущая популярность ламповых усилителей низкой частоты объясняется более верным воспроизведением звуковых оттенков по сравнению с транзисторными усилителями, имеющими аналогичные параметры. Именно поэтому многие мировые производители звуковоспроизводящей аппаратуры в последнее время разрабатывают и выпускают ламповые усилители низкой частоты как для домашних аудиокомплексов, так и для профессиональных музыкантов. При этом по своим параметрам предлагаемая аппаратура составляет достойную конкуренцию транзисторным аналогам. Среди фирм, занимающихся производством ламповой аудиоаппаратуры, необходимо отметить такие, как MARSHALL, DYNACO, VOX, FENDER, HEATHKIT, MARANTZ и многие другие.

В то же время в современной специализированной литературе найти какие-либо сведения о радиолампах практически невозможно, хотя иногда публикуются схемотехнические решения, используемые при создании усилителей низкой частоты. Однако этой информации недостаточно для того, чтобы иметь представление о принципах

функционирования радиоламп, а также об особенностях построения отдельных узлов и каскадов высококачественных ламповых УНЧ. Именно приведенные выше причины оказали решающее влияние на принятие решения о создании предлагаемой книги.

Возможно, у некоторых читателей эта книга вызовет удивление, недоумение и даже насмешки. Без сомнения, значительное число читателей предастся ностальгическим воспоминаниям. Но также вполне вероятно, что для кого-то из заинтересованных читателей данная книга послужит отправной точкой при создании высококачественной мощной звуковоспроизводящей аппаратуры по приведенным в ней схемам, а также поможет при конструировании собственных ламповых усилителей низкой частоты.