



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 своеобразного преемственности, т. е. принципа «от простого — к сложному». Приведенные принципиальные схемы простых ламповых УНЧ служат основой для более сложных конструкций. 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.



Интернет-магазин: [www.aliants-kniga.ru](http://www.aliants-kniga.ru)

Книга - почтой: Россия, 123242,  
Москва, а/я 20  
[books@aliants-kniga.ru](mailto:books@aliants-kniga.ru)

Оптовая продажа: "Альянс-книга"  
Тел.: (495)258-9195  
[books@aliants-kniga.ru](mailto:books@aliants-kniga.ru)

ISBN 978-5-94074-414-6



9 785940 744146 >

Ламповые УНЧ. Секреты схемотехники



# Ламповые УНЧ. Секреты схемотехники



Адаменко М. В.



Адаменко М. В.

# **Ламповые УНЧ. Секреты схемотехники**



Москва, 2011

**УДК 621.375.2**

**ББК 32.846**

**A28**

**A28 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
<b>Глава 1. Приемно-усилительные лампы .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Принцип действия электронной лампы .....</b>	<b>13</b>
Движение электронов в двухэлектродной и трехэлектродной лампах .....	13
Принцип действия усилительной лампы .....	19
Классификация, характеристики и параметры электронных ламп .....	23
Особенности конструкции радиоламп .....	25
<b>1.2. Основные типы приемно-усилительных ламп .....</b>	<b>33</b>
Диод .....	34
Триод .....	39
Тетрод .....	53
Лучевой тетрод .....	63
Пентод .....	70
Комбинированные лампы .....	80
<b>1.3. Системы обозначений ЭВП. Особенности замены     приемно-усилительных ламп .....</b>	<b>83</b>
Системы обозначений отечественных электронных ламп .....	83
Зарубежные системы обозначений ЭВП .....	91
Особенности замены приемно-усилительных ламп .....	99
<b>Глава 2. Электронная лампа в усилителе низкой частоты .....</b>	<b>103</b>
<b>2.1. Усилительный каскад на электронной лампе .....</b>	<b>104</b>
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

<b>2.2. Искажения в ламповом усилителе НЧ.....</b>	<b>126</b>
Нелинейные искажения.....	127
Частотные искажения.....	130
Фазовые искажения.....	131
<b>2.3. Шумы в ламповом усилительном каскаде .....</b>	<b>132</b>
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
<b>2.4. Обратная связь в ламповых усилителях НЧ .....</b>	<b>144</b>
Виды обратной связи .....	144
Ослабление искажений с помощью отрицательной обратной связи.....	148
Самовозбуждение усилителей с обратной связью.....	151
<b>2.5. Особенности усилительных каскадов на тетроре и пентоде .....</b>	<b>152</b>
Усилительный каскад на пентоде.....	152
Каскад с распределенной нагрузкой.....	155
Ультралинейный каскад .....	159
Ультралинейный усилитель с катодной связью.....	161
<b>2.6. Катодный повторитель в ламповых усилителях НЧ... 163</b>	
Основные свойства катодного повторителя .....	164
Режимы работы катодного повторителя.....	170
Катодный повторитель во входных каскадах .....	178
Катодный повторитель в выходных и предвыходных каскадах .....	180
<b>2.7. Каскодный усилитель в ламповых УНЧ .....</b>	<b>184</b>
Особенности каскодного усилителя.....	184
Выбор ламп для каскодного усилителя.....	188
Основные параметры каскодного усилителя .....	190
<b>Глава 3. Схемотехнические особенности ламповых усилителей низкой частоты .....</b>	<b>193</b>
<b>3.1. Общие принципы построения усилителей низкой частоты.....</b>	<b>194</b>
Назначение и основные параметры усилителей низкой частоты .....	194

Особенности классификации ламповых усилителей НЧ.....	198
<b>3.2. Предварительные усилители .....</b>	<b>201</b>
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
<b>3.3. Усилители мощности.....</b>	<b>220</b>
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
<b>3.4. Фазоинверсные схемы в ламповых усилителях НЧ..</b>	<b>242</b>
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
<b>3.5. Особенности схемотехники блоков питания ламповых усилителей НЧ.....</b>	<b>256</b>
Источники питания цепей анода и экранных сеток.....	256
Источники питания цепей накала.....	260
Устранение фона переменного тока .....	265
<b>3.6. Регулировки в ламповых усилителях НЧ .....</b>	<b>273</b>
Регуляторы коэффициента усиления .....	274
Регуляторы тембра.....	286

---

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

<b>4.1. Простые ламповые усилители НЧ для начинающих ..</b>	<b>308</b>
Одноламповые усилители низкой частоты.....	308

Усилители НЧ на двух лампах.....	325
<b>4.2. Многокаскадные и многоламповые усилители НЧ ....</b>	<b>332</b>
Простые двухтактные усилители низкой частоты .....	332
Многоламповые усилители НЧ на импортных лампах .....	344
<b>4.3. Ламповые усилители низкой частоты из узлов</b>	
<b>и блоков промышленной радиоаппаратуры.....</b>	<b>356</b>
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
<b>Заключение .....</b>	<b>391</b>

# 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 растёт.

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 аудиоккомплексов, 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.