

Торопкин М. В.  
Андреев Д. А.

# ЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ СВОИМИ РУКАМИ

Элементная база XXI века



---

Наука и Техника, Санкт-Петербург  
2015

Торопкин М. В., Андреев Д. А.

**Ламповый усилитель своими руками. Элементная база XXI века.** — СПб.: Наука и Техника, 2015. — 288 с.

**ISBN 978-5-94387-865-7**

---

Книга является современным справочником по ламповой схемотехнике и электронным лампам XXI века выпуска, применяемым в аппаратуре высококачественного звукоусиления. Подробное руководство по конструированию усилительных каскадов сопровождается обзором наиболее интересных схемотехнических решений.

Собрана и систематизирована информация о наиболее популярных современных радиолампах, разработанных (или применимых) для использования в звукоусилении. Приводятся данные о цоколевках, электрические параметры, вольтамперные характеристики (ВАХ) радиоламп, рекомендации по их применению, включая различные схемы построения ламповых каскадов и аппаратуры звукоусиления.

Интересны методики расчета и создания готовых конструкций выходных трансформаторов. Ряд трансформаторов разработан и воплощен в опытных образцах с последующим тестированием специально для читателей этой книги!

Книга поможет читателю собрать самостоятельно свой первый Hi-Fi ламповый усилитель. Тем же, кто решил приобрести готовый усилитель или сравнить характеристики моделей заводского изготовления, будет интересен обзор рынка ламповых Hi-Fi усилителей. Материал поможет сделать правильный выбор при покупке.

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей, любителей качественного звука.



9 785943 878657

**ISBN 978-5-94387-865-7**

Автор и издательство не несут ответственности за возможный ущерб, причиненный в ходе использования материалов данной книги.

Контактные телефоны издательства  
(812) 412-70-25, 412-70-26

Официальный сайт: [www.nit.com.ru](http://www.nit.com.ru)

© Торопкин М. В., Андреев Д. А.

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2015

---

ООО «Наука и Техника».

Лицензия № 000350 от 23 декабря 1999 года.

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать . Формат 70×100 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 18 п. л.

Тираж 1000 экз. Заказ №

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГП ПО «Псковская областная типография»  
180004, г. Псков, ул. Ротная, 34

# СОДЕРЖАНИЕ

От редактора.....	11
<b>1. Основы схемотехники ламповых усилительных каскадов .....</b>	<b>14</b>
1.1. Характеристики, особенности, обозначения радиоламп .....	14
Какие лампы рассматриваются в книге .....	14
Параметры электронных ламп .....	15
Основные термины.....	17
Классы усиления .....	18
Обозначения электронных приемо-усилительных и выпрямительных ламп .....	19
Обозначения электронных генераторных ламп .....	21
Европейская унифицированная система обозначений ламп .....	22
1.2. Основные виды ламповых каскадов.....	24
Каскад с нагрузкой в аноде.....	24
Каскод — каскад на триодах .....	26
Катодный повторитель .....	27
Каскад с катодной связью .....	27
Балансный каскад .....	28
Каскад с заземленной сеткой.....	28
Анодный повторитель.....	29
Фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой.....	29
Каскад с динамической нагрузкой.....	30
Катодный повторитель Уайта .....	31
<b>2. Схемотехника усилителей на отечественных лампах .....</b>	<b>32</b>
2.1. Двойной триод с отдельными катодами 6Н1П .....	32
Общие характеристики.....	32
Основные параметры .....	33
Зарубежные и отечественные аналоги .....	34
Недостатки лампы.....	34
Достоинства лампы.....	35
Каскад с нагрузкой в аноде (каскад с резистивной нагрузкой) .....	35
Каскад с динамической нагрузкой, он же — SRPP .....	38
Мю-повторитель или усиленный SRPP.....	39
Полезные ссылки .....	40
2.2. Двойной диод-триод 6Г2 .....	41
Общие характеристики.....	41
Основные параметры .....	41
Зарубежные и отечественные аналоги .....	42
Достоинства и недостатки.....	42
Примеры построения каскадов с различными способами подачи смещения .....	43
2.3. Двойной диод-триод 6Г7 .....	46
Общие характеристики.....	46
Основные параметры .....	46
Зарубежные и отечественные аналоги .....	47
Достоинства и недостатки.....	47

2.4. Пентод высокой частоты с короткой характеристикой 6Ж4 .....	48
Общие характеристики .....	48
Основные параметры .....	48
Зарубежные и отечественные аналоги .....	49
Достоинства и недостатки пентодного (штатного) включения лампы ...	49
Схемная реализация пентодного включения лампы .....	50
Параметры лампы в триодном включении .....	50
Пример построения каскада на лампе в триодном включении .....	51
Триодное включение пентодов: кто следующий? .....	53
2.5. Двойной триод с отдельными катодами 6Н6П .....	54
Общие характеристики .....	54
Основные параметры .....	54
Зарубежные и отечественные аналоги .....	55
Достоинства и недостатки .....	55
Усилитель Ougaku .....	56
Примеры конструкций .....	58
2.6. Двойной триод с отдельными катодами 6Н8С .....	59
Общие характеристики .....	59
Основные параметры .....	59
Зарубежные и отечественные аналоги .....	60
Достоинства и недостатки .....	60
Схемотехника: винил-корректор .....	61
Схемная реализация входного и драйверного каскадов .....	62
2.7. Двойной триод с отдельными катодами 6Н9С .....	64
Общие характеристики .....	64
Основные параметры .....	64
Зарубежные и отечественные аналоги .....	65
Достоинства и недостатки .....	65
Схемотехника: винил-корректор .....	67
Фазоинверсный каскад .....	67
2.8. Двойной триод с отдельными катодами и малым внутренним сопротивлением 6Н13С .....	68
Общие характеристики .....	68
Основные параметры .....	68
Зарубежные и отечественные аналоги .....	69
Достоинства и недостатки .....	69
Однотактный усилитель .....	70
Бестрансформаторный усилитель .....	71
2.9. Двойной универсальный триод 6Н23П .....	73
Общие характеристики .....	73
Основные параметры .....	73
Зарубежные и отечественные аналоги .....	74
Достоинства и недостатки .....	74
Предварительный усилитель с низковольтным питанием .....	75
Бестрансформаторный (OTL) телефонный усилитель .....	76
Схема винил-корректора с батарейным смещением .....	77
2.10. Выходной лучевой тетрод 6П7С .....	78
Общие характеристики .....	78
Основные параметры .....	78
Зарубежные и отечественные аналоги .....	79

Достоинства и недостатки .....	79
Схема однотактного усилителя с выходным каскадом на лампе 6П7С .....	80
2.11. Широкополосный выходной пентод 6П9 .....	82
Общие характеристики .....	82
Основные параметры .....	82
Зарубежные и отечественные аналоги .....	83
Триодное включение .....	83
Пентодное (штатное) включение лампы .....	84
Входной/драйверный каскад .....	84
Одноламповый/однокаскадный усилитель .....	85
2.12. Выходной лучевой тетрод 6П13С .....	86
Общие характеристики .....	86
Основные параметры .....	86
Зарубежные и отечественные аналоги .....	87
Достоинства и недостатки .....	87
Схемотехника: пример схемы однотактного усилителя .....	87
Схемотехника: пример схемы двухтактного усилителя .....	88
2.13. Выходные пентоды 6П14П, 6П18П, 6П43П .....	89
Общие характеристики .....	89
Основные параметры .....	89
Зарубежные и отечественные аналоги .....	90
Достоинства и недостатки .....	91
Схемотехника: пример схемы однотактного усилителя .....	91
Схемотехника: пример схемы двухтактного выходного каскада .....	92
Полезные ссылки .....	93
2.14. Выходной лучевой тетрод 6П45С .....	94
Общие характеристики .....	94
Основные параметры .....	94
Зарубежные аналоги .....	94
Достоинства и недостатки .....	95
Схемотехника: классический однотактный усилитель .....	95
Однотактный усилитель с нестандартным включением лампы .....	96
Схема двухтактного усилителя .....	99
2.15. Триод высокой частоты с низким уровнем внутриламповых шумов 6С3П .....	100
Общие характеристики .....	100
Основные параметры .....	100
Зарубежные и отечественные аналоги .....	101
Достоинства и недостатки .....	101
Схемотехника: винил-корректор .....	102
Однотактный усилитель .....	103
2.16. Триод 6С19П .....	104
Общие характеристики .....	104
Основные параметры .....	104
Зарубежные и отечественные аналоги .....	104
Достоинства и недостатки .....	105
Схемотехника: драйверный каскад и однотактный усилитель .....	105
2.17. Триод 6С33С .....	107
Общие характеристики .....	107
Основные параметры .....	107
Зарубежные и отечественные аналоги .....	108

Достоинства и недостатки	108
Схемотехника: однотактный усилитель	109
Схемотехника: двухтактный усилитель	110
Схемотехника: бестрансформаторный усилитель	110
2.18. Триод-пентод 6ФЗП	113
Общие характеристики	113
Основные параметры	113
Зарубежные и отечественные аналоги	115
Достоинства и недостатки	115
Схемотехника: однотактный усилитель на одном баллоне	115
Схемотехника: винил-корректор	116
Входные и драйверные каскады	117
Схема Лофтина-Уайта, драйвер на катодном повторителе	117
Трансформаторный драйверный каскад	117
Драйверный каскад по дроссельной схеме	118
2.19. Широкополосный триод-пентод 6Ф12П	119
Общие характеристики	119
Основные параметры	119
Зарубежные и отечественные аналоги	120
Достоинства и недостатки	120
Схемотехника: винил-корректор	120
Усиленный SRPP (мю-повторитель)	122
Дополнительная информация	122
2.20. Выходной тетрод высокой частоты 6Э5П	123
Общие характеристики	123
Основные параметры	123
Зарубежные и отечественные аналоги	124
Достоинства и недостатки	124
Тетродное (штатное) включение	125
Пример реализации тетродного включения лампы: входной/драйверный каскад	125
Пример реализации триодного включения лампы	125
2.21. Генераторный лучевой тетрод Г-807	127
Общие характеристики	127
Основные параметры	127
Зарубежные и отечественные аналоги	129
Достоинства и недостатки	129
Тетродное включение: пример однотактного усилителя	129
Тетродное включение: двухтактный оконечный каскад	131
2.22. Генераторный триод с высоким коэффициентом усиления Г-811	132
Общие характеристики	132
Основные параметры	132
Зарубежные и отечественные аналоги	132
Достоинства и недостатки	133
Схемотехника: двухтактный оконечный каскад	133
Схемотехника: однотактный оконечный каскад	134
2.23. Мощный модуляторный триод ГМ-70	136
Общие характеристики	136
Основные параметры	136

Зарубежные и отечественные аналоги .....	137
Достоинства и недостатки .....	138
Схемотехника: однотактный оконечный каскад .....	139
Схемотехника: двухтактные драйверный и оконечный каскады .....	140
2.24. Генераторный лучевой пентод ГУ-50 .....	141
Общие характеристики .....	141
Основные параметры .....	141
Зарубежные и отечественные аналоги .....	141
Достоинства и недостатки .....	143
Триодное включение: однотактный оконечный каскад .....	143
Пентодное включение: двухтактный оконечный каскад .....	143
Схемотехника .....	144
2.25. Двуханодный кенотрон 5Ц3С .....	145
Общие характеристики .....	145
Основные параметры .....	145
Зарубежные и отечественные аналоги .....	145
Достоинства и недостатки .....	146
Схемотехника: двухполупериодный выпрямитель .....	147
Схемотехника: блок питания .....	147
2.26. Двуханодный кенотрон 5Ц4С .....	149
Общие характеристики .....	149
Основные параметры .....	149
Зарубежные и отечественные аналоги .....	149
Достоинства и недостатки .....	150
Схемотехника: двухполупериодный выпрямитель .....	150
2.27. Двуханодный кенотрон 5Ц8С .....	152
Общие характеристики .....	152
Основные параметры .....	152
Зарубежные и отечественные аналоги .....	152
Достоинства и недостатки .....	153
Схемотехника: двухполупериодный выпрямитель .....	153
<b>3. Схемотехника усилителей на зарубежных лампах .....</b>	<b>155</b>
3.1. Триод 2А3 .....	155
Общие характеристики .....	155
Основные параметры .....	156
Особенности лампы .....	157
Зарубежные и отечественные аналоги .....	157
Достоинства и недостатки .....	157
Схемотехника: драйверный каскад .....	158
Схемотехника: однотактный усилитель с входным каскадом на триоде ..	158
Схемотехника: однотактный усилитель с входным каскадом на пентоде .	160
Усилитель, выполненный по схеме Лофтин-Уайта .....	162
Современный вариант схемы Лофтин-Уайта, разработанный Е. Комиссаровым .....	163
3.2. Триод 300В .....	165
Общие характеристики .....	165
Основные параметры .....	165
Зарубежные и отечественные аналоги .....	165

Достоинства и недостатки .....	166
Схемотехника: однотактные усилители .....	167
Схемотехника: двухтактные усилители .....	171
3.3. Триод 6В4Г .....	173
Общие характеристики .....	173
Основные параметры .....	173
Зарубежные и отечественные аналоги .....	173
Достоинства и недостатки .....	174
Схемотехника: однотактные усилители .....	174
Схемотехника: двухтактный усилитель с фазоинверсным трансформатором .....	175
Схемотехника: двухтактный усилитель, выполненный по классической схеме Вильямсона .....	175
<b>4. Секреты аудиотехники .....</b>	<b>178</b>
4.1. Входные разъемы .....	178
4.2. Соединительные (межблочные) кабели .....	180
4.3. Сборка усилителя .....	181
Монтажный провод .....	181
Припой .....	183
Шасси и корпус .....	183
Монтаж .....	184
4.4. Регулятор громкости .....	185
4.5. Селектор входов .....	189
4.6. Предварительный усилитель .....	191
4.7. Регулировка стереобаланса .....	193
4.8. Регулировка тембра .....	193
4.9. Предусилители-корректоры (фонокорректоры) .....	195
4.10. Усилитель для головных телефонов (хэдамп) .....	197
4.11. Разъемы для подключения акустических систем (акустические терминалы) .....	198
4.12. Акустический кабель .....	199
<b>5. Собираем ламповые усилители своими руками .....</b>	<b>200</b>
5.1. Простой одноламповый усилитель класса Hi-Fi на 6С45П .....	200
Что будем разрабатывать? .....	200
Техническое задание на разработку .....	201
Выбор лампы .....	202
Триод с высокой крутизной 6С45П .....	203
Начинаем расчет усилителя .....	204
Определение основных параметров каскада .....	206
Выбор оптимальной рабочей точки .....	209
Особенности расчетов для резистивного каскада .....	210
Переходим к схеме усилителя .....	211
Пути улучшения параметров .....	213
Комплектующие для усилителя .....	214
Возможные замены .....	215
Заключение .....	217



5.2. Однотактный усилитель мощности на 6Ф12П/6550.....	218
Особенности однотактных усилителей и выбор лампы.....	218
Расчеты.....	219
Режимы ламп.....	219
Драйвер.....	220
Схема усилителя.....	220
Изготавливаем выходной трансформатор.....	221
Еще несколько слов об элементной базе.....	223
Изготовление корпуса.....	225
Настройка усилителя.....	228
Параметры усилителя.....	228
<b>6. Обзор рынка ламповых Hi-Fi усилителей.....</b>	<b>230</b>
6.1. Как сделать правильный выбор при покупке Hi-Fi усилителя.....	230
6.2. Полезные советы по выбору усилителя.....	231
<b>7. Обзор ресурсов Интернет по ламповой Hi-Fi усилительной технике.....</b>	<b>233</b>
7.1. Многопрофильные сайты.....	233
7.2. Специализированные сайты.....	235
7.3. Магазины радиодеталей, звуковоспроизводящей аппаратуры и сопутствующих товаров.....	235
7.4. Доски объявлений.....	236
<b>8. Полезные методики расчета ламповых усилителей.....</b>	<b>237</b>
8.1. Определение параметров пентодов в триодном включении.....	237
8.2. SE Amp CAD — программа моделирования выходных каскадов однотактных усилителей.....	239
8.3. Программа расчета блоков питания.....	241
8.4. Принципы расчета и конструирования выходного трансформатора.....	242
Авторская методика расчета выходного трансформатора.....	242
Альтернативная методика расчета выходного трансформатора.....	250
Расчет выходного трансформатора.....	251
Трансформатор для однотактного лампового каскада.....	251
Трансформатор для двухтактного лампового каскада.....	254
Трансформатор для ультралинейного (сверхлинейного) каскада.....	255
8.5. Примеры конструкций выходных трансформаторов.....	255
Универсальный выходной трансформатор для однотактного каскада на лампе 300В и 6М-70.....	256
Универсальный выходной трансформатор для однотактного каскада на лампе 2А3/6С4С/6В4G.....	256
Выходной трансформатор для однотактного выходного каскада на лампе 6П45С в триодном включении.....	257
Выходной трансформатор для однотактного выходного каскада на двух параллельных лампах 6С19П.....	258
Выходной трансформатор для усилителя «цирклотрон» на лампах 6П41С, 6П3С, EL34.....	259
Выходной трансформатор для двухтактного выходного каскада на лампах ГУ-50.....	260

Выходной трансформатор для однотактного выходного каскада на лампе 6550 (в триодном включении, $R_a = 2,7 \text{ кОм}$ ) .....	261
Выходной трансформатор для однотактного выходного каскада на лампе 6П36С (в триодном включении) .....	261
8.6. Ламповый калейдоскоп .....	262
<b>Приложения .....</b>	<b>268</b>
Приложение 1. Трансформатор выходной SE 3,5K / 8,0 и 16,0 Ом для использования с лампами 6ЕА7, 6С4С .....	268
Приложение 2. Трансформатор выходной SE 3,5K / 8,0 и 16,0 Ом для использования с лампами 6С4С, 2А3 и их аналогами .....	270
Приложение 3. Трансформатор выходной SE 7K / 8,0 Ом для использования с лампой ГМ-70 (возможно использование с лампой 300В) .....	272
Приложение 4. Трансформатор выходной SE 5K / 4,0 Ом для использования с лампой ГУ-50 (возможно использование с лампами 300В и SV572-10) ..	274
Приложение 5. Трансформатор выходной SE 3,7K / 4,0 и 8,0 Ом для использования с лампой 6Ф3П в триодном включении (возможно использование с лампами 6Ф5П, 6П14П — обе в триодном включении) .....	276
Приложение 6. Трансформатор выходной SE 4K / 8,0 и 16,0 Ом для использования с лампой EL156 (возможно использование с лампой 300В) .....	278
Приложение 7. Трансформатор выходной SE 1K / 8 Ом для использования с лампой 6С41С (возможно использование с двумя лампами 6С19П, соединенными параллельно) .....	280
Приложение 8. Трансформатор выходной SE 5K / 8 и 16 Ом для использования с лампами 6Э5П или 6П14П — обе в триодном включении, а также с УО-186, 6С4С и ее аналогами .....	282
Приложение 9. Трансформатор ТВ3 SE 5 кОм (3,67 кОм; 2,55 кОм) / 4,0 и 8,0 Ом для использования с лампой 300В .....	284
<b>Список литературы .....</b>	<b>286</b>

## ОТ РЕДАКТОРА

Ламповая аппаратура звукоусиления в XXI веке переживает второе рождение. Фотографии ламповых конструкций «прописались» на обложках популярных аудиожурналов. Выпуск радиоламп вновь освоен ведущими компаниями США, Европы и Японии.

К сожалению, информация о радиолампах разбросана по устаревшим справочникам, выпущенным до 80-х годов прошлого столетия, представляющим библиографическую редкость, а также по сайтам Интернета, зачастую не оптимизированным для поисковых систем. Не хватает информации и по звуковому применению ламп, изначально не предназначенных для этих целей (модуляторных, генераторных, «телевизионных»).

Задача книги — собрать воедино информацию о наиболее популярных радиолампах, разработанных (или применимых) для использования в звукоусилении, познакомить читателя с современной ламповой схмотехникой.

Приводятся не только данные о цоколевках, электрические параметры, вольтамперные характеристики (ВАХ) радиоламп, но и рекомендации по их применению, включая различные схемы построения ламповых каскадов и аппаратуры звукоусиления.

Авторы умышленно избегают субъективных оценок качества звучания, псевдонаучных, откровенно коммерческих и даже мистических терминов («виртуальная глубина», «тональный баланс», «воздушность» и т. п.).

Причины, по которым один усилитель обеспечивает лучшее звучание, чем другой (обладающий аналогичными объективными параметрами), следует искать:

- ♦ с одной стороны, на экране спектроанализатора и прочих измерительных приборов;
- ♦ с другой стороны, в литературе по психологии и физиологии.

А магические пассы и заклинания лучше оставить глянцевым аудиозданиям, насквозь пропитанным рекламой.

Эта уникальная ПРАКТИЧЕСКАЯ книга адресована любителям высококачественного звуковоспроизведения: следование приведен-

ному материалу позволит собрать свой первый ламповый усилитель класса Hi-Fi.

Начинающим радиолюбителям адресованы главы по основам схемотехники ламповых усилительных каскадов.

Книга также является справочным пособием по электронным лампам, применяемым в современной аппаратуре высококачественного звукоусиления, руководством по конструированию усилительных каскадов с обзором наиболее интересных схемотехнических решений. Основная задача — предоставить читателю наиболее полную информацию о радиолампах и вариантах их использования.

В справочных главах (отдельно по отечественным и зарубежным электровакуумным приборам) в алфавитном порядке рассматриваются наиболее популярные на сегодняшний день лампы. Для каждой рассмотренной лампы приведены:

- ♦ краткая характеристика от разработчика (изготовителя);
- ♦ рисунок внешнего вида радиолампы с размерами;
- ♦ схематическое изображение, назначение выводов (цоколевка);
- ♦ электрические параметры, имеющие отношение к звуковому применению;
- ♦ вольтамперные характеристики (ВАХ);
- ♦ аналоги, рекомендации по замене;
- ♦ типовые схемы включения;
- ♦ рекомендации по звуковому применению, включая рассмотрение различных схемотехнических решений;
- ♦ полезные ссылки на Интернет-ресурсы.

Главная часть книги посвящена созданию *практических конструкций ламповых усилителей* своими руками. Специально для читателей этой книги авторы разработали миниусилитель класса Hi-Fi. Характерная его особенность — применение всего одной лампы 6С45П на канал. Беглый взгляд наводит на мысли об очередном усилителе «для начинающих», но не торопитесь с выводами...

Кроме того авторами подробно рассмотрен процесс изготовления **мощного усилителя на 6Ф12П/6550**. Лампа 6550 обычно используется в гитарных усилителях РР и практически не встречается в однотактных схемах. Авторы также поначалу сомневались в «аудиофильском» характере звука, который можно ожидать от этой лампы, но любопытство взяло верх. И они оказались правы!

Для каждой конструкции приведены: техническое задание на разработку, выбор лампы, расчеты каскадов и выходных трансформа-

торов, принципиальная схема, комплектующие, возможные замены, методика сборки.



**Внимание.**

*В ламповых конструкциях используются опасные для жизни напряжения. При работе со схемами, приведенными в настоящей книге, будьте предельно внимательны и осторожны. Начинающим радиолюбителям следует произвести проверку и первое включение собранной конструкции под руководством опытных специалистов. Помните, что опасность представляет даже устройство, отключенное от электрической сети, — конденсаторы блока питания могут сохранять заряд в течение нескольких суток. Берегите себя и своих близких.*

Тем, кто решил приобрести готовый усилитель или сравнить характеристики моделей заводского изготовления будет интересна глава «Обзор рынка ламповых Hi-Fi усилителей». Она поможет сделать правильный выбор при покупке.

Глава «Обзор ресурсов Интернет по ламповой Hi-Fi усилительной технике» позволит существенно расширить кругозор читателей в области ламповой схемотехники и сэкономить время (и деньги) при поиске информации в сети Интернет.

В заключительной главе приведены методики расчета и готовые примеры конструкций выходных трансформаторов.

Все рассмотренные в Приложении конструкции трансформаторов для выходных каскадов ламповых усилителей разработаны и воплощены в реальные изделия авторами этой книги и публикуются впервые!

Желаю больших успехов на пути создания ваших собственных конструкций ламповых усилителей.

*Сергей Корякин-Черняк, главный редактор  
Санкт-Петербург, 2015 год*

# ОСНОВЫ СХЕМОТЕХНИКИ ЛАМПОВЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ

*Глава дает общее представление и систематизированную информацию по отечественным и зарубежным электронным лампам: их обозначениям, параметрам.*

*Приведены основные типы ламповых каскадов (каскад с нагрузкой в аноде, каскод, катодный повторитель, каскад с катодной связью, балансный каскад, каскад с заземленной сеткой, анодный повторитель, фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой, SRPP, катодный повторитель Уайта).*

## 1.1. Характеристики, особенности, обозначения радиоламп

### Какие лампы рассматриваются в книге

В книге рассматриваются как отечественные, так и зарубежные радиолампы. Авторы сознательно исключили описания ламп, не доступных радиолюбителям, по следующим причинам:

- ♦ повышенная опасность поражения электрическим током (например, ГУ-48, требующая величины анодного напряжения порядка 3 кВ);
- ♦ нереальная (для рядового радиолюбителя) цена (продукция фирмы VaicValve стоимостью несколько сотен долларов за одну лампу);
- ♦ выпуск лампы давно прекращен, возможность приобретения — минимальна (AD1, УО-, УБ- и т. п.). Предпочтение отдано ши-

роко распространенным радиолампам, хорошо зарекомендовавшим себя в области звукоусиления.

Разделение ламп на отечественные и зарубежные довольно условно, т. к. большинство зарубежных ламп имеет прямые отечественные аналоги либо выпускается в России под фирменным названием (2A3, 300B, 6B4G, 6V6, 12AX7 и др.).

### Параметры электронных ламп

**Крутизна характеристики S** — величина, показывающая на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения на первой (управляющей) сетке на 1 В при неизменных напряжениях на остальных электродах:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c}, \text{ мА/В,}$$

где  $\Delta I_a$  — приращение анодного тока, мА;

$\Delta U_c$  — приращение напряжения на первой сетке, В.

**Внутреннее сопротивление  $R_i$**  — сопротивление лампы переменному току. Определяется как отношение изменения анодного напряжения к изменению анодного тока при неизменных напряжениях на остальных электродах:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}, \text{ кОм,}$$

где  $\Delta U_a$  — приращение напряжения на аноде, В;

$\Delta I_a$  — приращение анодного тока, мА.

Внутреннее сопротивление обусловлено плотностью электронного облака, окружающего катод, которое, обладая отрицательным электрическим потенциалом, препятствует прохождению электронов на участке катод-анод.

**Коэффициент усиления** — безразмерная величина, показывающая, как влияет на анодный ток изменение напряжения на первой сетке по сравнению с изменением напряжения на аноде:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c},$$

где  $\Delta U_a$  — приращение напряжения на аноде, В;

$\Delta U_c$  — приращение напряжения на первой сетке, В.