

- § 6.6. Устранение фонов в усилителе . . . . . 216  
Влияние пульсаций напряжения питания (216). Неправильное заземление (217). Наводки от электрических и магнитных полей источника питания (217). Помехи или наводки от внешних полей (218). Микрофонный эффект (218).

## ГЛАВА 7

## ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- § 7.1. Резонансные усилители . . . . . 219  
Параллельный колебательный контур (219). Частотные характеристики резонансного усилителя (222).
- § 7.2. Переходные характеристики для огибающих амплитуд . . . . . 224  
Переходные характеристики избирательного усилителя (224). Затухающие колебания в контуре и усилителе (225). Операторный метод определения огибающих амплитуд (227). Определение укороченного коэффициента усиления (228). Переходные характеристики резонансного усилителя для огибающей (229).
- § 7.3. Полосовые усилители . . . . . 232  
Усилители со связанными контурами (232). Времена запаздывания и нарастания фронта огибающей (235). Усилитель с изменяемыми полосой и временем нарастания (237).
- § 7.4. Узкополосные усилители . . . . . 238  
Усилители с избирательной обратной связью (238). Принцип действия трехполюсного моста (239). Анализ трехполюсного моста (241). Характеристики узкополосного усилителя (244). Схемы узкополосных усилителей (245).

## ГЛАВА 8

## УСИЛИТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

- § 8.1. Особенности усилителей постоянного тока . . . . . 249
- § 8.2. Уменьшение дрейфа усилителя . . . . . 251  
Дрейф ламп (251). Компенсация дрейфа при изменении напряжения накала (254). Компенсация дрейфа в мостовых каскадах (255). Уменьшение дрейфа обратной связью (258).
- § 8.3. Дифференциальный каскад . . . . . 258
- § 8.4. Расчет каскада усилителя постоянного тока . . . . . 262
- § 8.5. Схема низкочастотного усилителя постоянного тока . . . . . 266
- § 8.6. Погрешность усилителя постоянного тока . . . . . 269
- § 8.7. Усилитель с коррекцией дрейфа . . . . . 271
- § 8.8. Электрометрические усилители . . . . . 276  
Сеточные токи ламп (276). Однокаскадные усилители (279). Электрометрические повторители (279). Предельная полоса и быстродействие многокаскадного электрометрического усилителя (282). Электрометрический усилитель с динамическим конденсатором (284).

## ГЛАВА 9

## ИМПУЛЬСНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- § 9.1. Коррекция искажений вершины импульса . . . . . 290  
Коррекция анодным фильтром (290). Коррекция обратной связью (293).
- § 9.2. Выбросы и методы их устранения . . . . . 302  
Роль выбросов при усилении импульсов (303). Анализ выбросов (305). Анализ постоянной составляющей (306). Усилители с большим динамическим диапазоном (307).

- § 9.3. Коррекция искажений фронта в усилителях без обратной связи . . . . . 313  
Простая параллельная коррекция (313). Многокаскадные усилители с простой параллельной коррекцией (318). Сложные схемы коррекции (321).
- § 9.4. Коррекция искажений фронта импульса в усилителях с обратной связью . . . . . 324  
Коррекция в однокаскадном усилителе с обратной связью по току (325). Коррекция в двухкаскадном усилителе с обратной связью по напряжению (329).
- § 9.5. Усилители с распределенным усилением . . . . . 334  
Принцип действия (334). Типы линий (336). Соединение каскадов (338). Особенности практической схемы (340). Общая оценка (341).
- § 9.6. Импульсный усилитель электронного осциллографа . . . . . 343

## ГЛАВА 10

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- § 10.1. Приближенное дифференцирование и интегрирование  $RC$ - и  $RL$ -цепями . . . . . 347
- § 10.2. Укорочение импульсов . . . . . 349
- § 10.3. Линейные решающие усилители . . . . . 352  
Суммирование напряжений и токов (352). Дифференцирование и интегрирование (353). Погрешность решающих усилителей (356). Пример решения уравнения (359).
- § 10.4. Перемножители и делители напряжений . . . . . 361
- § 10.5. Логарифмический усилитель . . . . . 366

## ГЛАВА 11

## ВЫПРЯМИТЕЛИ И СТАБИЛИЗАТОРЫ

- § 11.1. Параметры и характеристики источников питания . . . . . 368
- § 11.2. Параметры выпрямителя . . . . . 369  
Однотактный выпрямитель (369). Двухтактные выпрямители (374). Пульсации выходного напряжения (375). Полное выходное сопротивление выпрямителя с фильтром (378). О выпрямителе с индуктивной нагрузкой вентилей (378).
- § 11.3. Параметрические стабилизаторы напряжения и тока . . . . . 379
- § 11.4. Стабилизаторы напряжения с обратной связью . . . . . 382  
Основные свойства стабилизаторов (382). Стабилизатор с однокаскадным усилителем (384). Улучшение стабилизации путем поправок выходного напряжения (386). Проектирование стабилизированного выпрямителя (388).
- § 11.5. Стабилизаторы тока с обратной связью . . . . . 394

## ГЛАВА 12

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- § 12.1. Статический режим каскада . . . . . 396  
Выбор рабочей точки (396). Стабильность рабочей точки (397). Стабильность типового каскада (399). Расчет каскада по постоянному току (400).
- § 12.2. Усилители с емкостными связями . . . . . 401  
Область средних частот (401). Область низших частот (407). Передача фронта импульса (410). Область высших частот (414). Добротность каскада (415). Коррекция фронта (416). Многокаскадные усилители (417).

|   |     |
|---|-----|
| § 12.3. Каскад с трансформаторными связями . . . . .  | 419 |
| Основные соотношения при трансформаторной связи (419). Область средних частот (421). Коэффициент усиления мощности (423). Область низших частот (424).          |     |
| § 12.4. Резонансный каскад . . . . .  | 426 |
| Особенности транзисторных резонансных каскадов (426). Каскад с полным включением контура (427). Каскад с неполным включением контура (429).                     |     |
| § 12.5. Эмиттерный повторитель . . . . .  | 431 |
| Область средних частот (431). Передача фронта импульса; область высших частот (433). Сложные повторители (438).   |     |
| § 12.6. Каскад с общей базой . . . . .  | 440 |
| Область средних частот (440). Передача фронта импульса (441).   |     |
| § 12.7. Мощный выходной каскад . . . . .  | 442 |
| Однотактный каскад ОБ в классе А (443). Однотактный каскад ОЭ в классе А (447). Двухтактный каскад ОБ в классе В (448). Двухтактный каскад ОЭ в классе В (451). |     |
| § 12.8. Усилители постоянного тока . . . . .  | 452 |
| Согласование потенциальных уровней (452). Температурный дрейф (455). Методы уменьшения дрейфа (457). Усилители с модуляцией сигнала (459).                      |     |

## Г Л А В А 13

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

|   |     |
|---|-----|
| § 13.1. Общий анализ стабилизаторов . . . . .   | 465 |
| Энергетические показатели (465). Дифференциальные параметры (469). Методика расчета (472).  |     |
| § 13.2. Опорные диоды . . . . .   | 473 |
| § 13.3. Параллельные стабилизаторы . . . . .  | 476 |
| Диодные стабилизаторы (476). Транзисторные стабилизаторы (478).   |     |
| § 13.4. Последовательные стабилизаторы . . . . .  | 480 |
| Однокаскадный стабилизатор (480). Двухкаскадный стабилизатор (483).   |     |
| § 13.5. Особенности практических схем . . . . .   | 485 |
| Регулировка напряжения (485). Температурная и частотная зависимость параметров (486).   |     |
| Приложение 1. Основы математического анализа линейных схем . . . . .  | 489 |
| Методы анализа (489). Символический метод (489). Ряды Фурье (492). Интеграл Фурье (494). Операторный метод (495). Импульсный анализ при сложной форме сигнала (498). Дельта-функция (500).  |     |
| Приложение 2. Некоторые принципы и понятия, используемые при анализе линейных цепей . . . . .   | 501 |
| Принцип взаимного соответствия (501). Узловое напряжение (503). Четырехполюсники и их параметры (504). Эквивалентный генератор (508).   |     |
| Приложение 3. Основные сведения о полупроводниковых приборах . . . . .  | 511 |
| Проводимость полупроводников (511). Электронно-дырочные переходы (513). Основные процессы в плоскостном триоде (517). Эквивалентная схема триода (524). Вольтамперные характеристики триода (525). Способы включения триода (526). Эквивалентная схема и вольтамперные характеристики триода при базовом входе (527). Зависимость параметров эквивалентной схемы от режима и температуры (529). Собственные шумы (531). Дрейфовые триоды (533). |     |
| Цитированная литература . . . . .   | 537 |

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО 2-МУ ИЗДАНИЮ

За три года, прошедших после выхода в свет книги «Электронные усилители», авторы имели возможность убедиться, что основные идеи и принципы, которыми они руководствовались и которые изложены в предисловии к 1-му изданию, встретили понимание и одобрение читателей. В частности, подтвердилась целесообразность совместного рассмотрения усилителей и источников их питания, особенно стабилизаторов.

В течение указанного времени появился ряд книг, посвященных полностью или частично электронным усилителям. Однако эти книги весьма существенно отличаются от данной книги как по содержанию, так и в методическом отношении. Монография [1а] посвящена только видеоусилителям и имеет объем, превышающий весь объем данной книги. Монография [2а] в основном рассчитана на физиков. Примерно половина этой монографии посвящена усилителям, но в ней полностью отсутствуют транзисторные схемы, а также такие важные для ряда специальностей разделы, как избирательные усилители, функциональные усилители и ряд других. Учебник [3а] имеет явно выраженный радиотехнический, связной уклон. В нем почти не отражены импульсные усилители, транзисторные усилители, а также ряд усилителей, характерных для нерадиотехнических специальностей. Учебное пособие [4а] по своей общей направленности наиболее близко к данной книге. Но в нем отсутствуют такие разделы, как функциональные усилители, усилители с трансформаторной связью, с питанием переменным током и, главное, транзисторные усилители. Кроме того, это пособие выпущено незначительным тиражом.

Все сказанное позволяет надеяться, что книга «Электронные усилители» не потеряла своей актуальности как учебное пособие для студентов и инженеров, специализирующихся в области автоматики, измерительной техники, вычислительной техники, экспериментальной физики и в некоторых областях радиотехники.

Авторы отдают себе отчет в том, что сейчас, в связи с бурным развитием и внедрением полупроводниковых приборов, следовало бы резко повысить в книге удельный вес транзисторных усилителей за счет ламповых. Более того, по мнению авторов, следовало бы вообще