

## АННОТАЦИЯ

Книга посвящена теории, расчету и описанию основных схем ламповых и транзисторных усилителей, а также источников их питания. Дана четкая классификация усилителей по входным и выходным величинам и по точности воспроизведения сигнала, после чего подробно описаны современные импульсные, узкополосные, операционные усилители и усилители постоянного тока. В приложениях приведены основные сведения о методах анализа линейных электрических цепей и о принципах действия и параметрах транзисторов.

Исследование параметров и характеристик усилителей производится параллельно операторным и частотным методами. Проведен анализ и обсуждена физическая сущность процессов искажения фронтов и вершины импульсов реостатными и трансформаторными усилителями, а также искажения огибающей амплитуд избирательными усилителями. Изложены методы уменьшения шумов, фонов и дрейфа усилителей для повышения их чувствительности к напряжению и току. Особое внимание уделено обратным связям и их влиянию на параметры усилителей.

В основу книги положены курсы лекций, прочитанные авторами в Московском инженерно-физическом институте.

Книга предназначена для студентов вузов и инженеров, специализирующихся в областях радиолокации, автоматики и телемеханики, вычислительной техники и ядерной физики.

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко 2-му изданию . . . . .	9
Предисловие к 1-му изданию . . . . .	11

### ГЛАВА I

#### ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

§ 1.1. Структура электронного усилителя . . . . .	15
Источники сигнала и нагрузка (15). Структурные схемы (16). Усилительные каскады (17). Источники энергии (19). Типы усилителей (19).	
§ 1.2. Параметры и классификация электронных усилителей по входным и выходным величинам . . . . .	20
Условия работы усилителя на входе (20). Условия работы усилителя на выходе (22). Коэффициенты усиления (24). Логарифмические коэффициенты усиления (24). Крутизна, чувствительность, сопротивление передачи (25).	
§ 1.3. Классификация усилителей по точности воспроизведения сигнала . . . . .	26
Два вида искажений (26). Линейные искажения синусоидальных сигналов (27). Частотные характеристики (28). Линейные искажения сложного сигнала (31). Импульсные сигналы (33). Линейные искажения импульсов (35). Связь частотных и импульсных линейных искажений (36). Нелинейные искажения (37).	

### ГЛАВА 2

#### РАБОТА ЛАМПЫ В УСИЛИТЕЛЕ

§ 2.1. Постоянные и переменные составляющие потенциалов и токов. Мощность переменных составляющих . . . . .	40
Идеализированные характеристики (40). Линия нагрузки (41). Составляющие анодного тока и потенциала анода (41). Мощность постоянных и переменных составляющих (43). Временные диаграммы (46).	
§ 2.2. Работа анодной цепи со сложной нагрузкой . . . . .	46
Динамическая линия нагрузки (46). Переменные составляющие при комплексной нагрузке (47).	
§ 2.3. Нелинейные искажения в усилителе . . . . .	48
Положение динамической линии нагрузки (49). Графический расчет гармоник (50). Оценка суммарных нелинейных искажений (51).	
§ 2.4. Классификация режимов работы ламп . . . . .	51
§ 2.5. Эквивалентная схема лампы с анодной нагрузкой . . . . .	53
§ 2.6. Входная проводимость каскада . . . . .	55
§ 2.7. Катодное смещение и питание экранирующих сеток ламп . . . . .	60

## ГЛАВА 3

## УСИЛИТЕЛИ С ЕМКОСТНОЙ СВЯЗЬЮ

- § 3.1. Принципиальная схема усилителя . . . . . 62
- § 3.2. Работа каскада с емкостной связью при усилении синусоидальных напряжений . . . . . 64
- § 3.3. Усиление синусоидальных напряжений многокаскадным усилителем . . . . . 70
- § 3.4. Усиление импульсов каскадом с емкостной связью . . . . . 72  
Передача фронта импульса (73). Передача вершины импульса (76). Расчет переходной характеристики (77). Передача П-образного импульса (78). Передача серии импульсов (79). Оценка параметров ламп (80).
- § 3.5. Передача фронта импульса многокаскадным усилителем . . . . . 82  
Форма фронта импульса (82). Оценка искажений фронта импульса (86). Связь времени нарастания с полосой частот (89). Связь между коэффициентом усиления и временем нарастания напряжения (89).
- § 3.6. Примеры расчета усилителей по заданному искажению фронта импульса . . . . . 90
- § 3.7. Передача вершины импульса многокаскадным усилителем . . . . . 93  
Переходные характеристики (93). Влияние емкостей  $C_K$  и  $C_3$  на вершину импульса (97). Связь времени спада с полосой частот (101).

## ГЛАВА 4

## ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- § 4.1. Каскад с емкостно-трансформаторной связью . . . . . 102  
Эквивалентные схемы каскада (103). Передача фронта импульса и синусоидального напряжения в области высших частот (105). Передача вершины импульса и синусоидального напряжения в области низших частот (109). Физическая картина работы трансформатора при передаче импульсов (113).
- § 4.2. Трансформаторный каскад . . . . . 117
- § 4.3. Двухтактный трансформаторный каскад . . . . . 119  
Основные свойства и особенности каскада (119). Мощность и к.п.д. двухтактного каскада (123). Расчет сеточных токов (125).
- § 4.4. Усилители с питанием анодных цепей переменным током . . . . . 126  
Токи и напряжения в цепях лампы при питании ее переменным током (127). Двухтактные каскады с питанием переменным током (130). Управляемое сопротивление (134).
- § 4.5. Электрические и конструктивные параметры трансформаторов, применяемых в усилителях . . . . . 135  
Постоянная времени сердечника (136). Индуктивность рассеяния и распределенная емкость обмотки (138). Магнитные материалы и их свойства (139).

## ГЛАВА 5

## ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ

- § 5.1. Структурные схемы усилителей с обратной связью . . . . . 142  
Усилитель с обратной связью по напряжению (142). Усилитель с обратной связью по току (143). Входные цепи усилителей с обратной связью (144).

- § 5.2. Обратная связь по напряжению . . . . . 146  
Коэффициент усиления и выходное сопротивление (146). Отрицательная обратная связь (148). Стабильность коэффициента усиления (150). Уменьшение нелинейных искажений (150). Разновидности усилителей с отрицательной обратной связью (150). Положительная обратная связь (151). Зависимость выходного сопротивления (152). Параметры однокаскадного усилителя с обратной связью по напряжению (152). Характеристики двухкаскадного усилителя с обратной связью (154).
- § 5.3. Обратная связь по току . . . . . 156  
Коэффициент усиления и выходное сопротивление (156). Крутизна и выходная проводимость (157). О смешанной обратной связи (160).
- § 5.4. Входное сопротивление усилителей с обратной связью . . . . . 160
- § 5.5. Устойчивость усилителей с обратной связью . . . . . 162  
Амплитудно-фазовые характеристики (162). Условие устойчивости усилителей (162). Зависимость ослабления от фазового сдвига (165). Стабилизация путем рационального выбора постоянных времени каскадов (166). Стабилизация при помощи цепей фазовой коррекции (168).
- § 5.6. Паразитные обратные связи . . . . . 174  
Связь через источник анодного питания (174). Связь через провода заземления (176). Связь через цепи накала (177). Связь через емкости и взаимдуктивности монтажной схемы (177).
- § 5.7. Катодные повторители . . . . . 179  
Параметры и эквивалентная схема катодного повторителя (179). Работа катодного повторителя на высоких частотах и при передаче импульсов (181). Входная проводимость катодного повторителя (183). Катодный повторитель с усиленной обратной связью (186).
- § 5.8. Некоторые усилители с обратными связями . . . . . 186  
Усилитель с анодной и катодной нагрузками (186). Усилители с заземленной сеткой и с катодной связью (188). Анодные повторители (191).

## ГЛАВА 6

## ШУМЫ И ФОНЫ В УСИЛИТЕЛЯХ

- § 6.1. Шумы в сопротивлениях . . . . . 193  
Тепловые шумы в сопротивлениях (193). Шумы, обусловленные флуктуациями проводимости (194). Тепловой шум на зажимах сопротивления, шунтированного емкостью (194). Эквивалентная полоса шумов (196).
- § 6.2. Шумы в лампах . . . . . 197  
Дробовой эффект (198). Эффект мерцания (199). Эквивалентное шумовое сопротивление лампы (199). Эквивалентная полоса шумов анодной цепи (201). Дробовой шум в сеточной цепи (201).
- § 6.3. Шум усилителя . . . . . 202  
Собственный шум усилителя (202). Отношение сигнала к шуму (203). Коэффициент шума (204).
- § 6.4. Коэффициенты шума усилителей с различными входными цепями . . . . . 205  
Источник сигнала является источником тока (205). Источник сигнала является источником эдс и связан со входом усилителя непосредственно или через конденсатор (207). Источник сигнала является источником эдс и связан со входом усилителя через трансформатор (208).
- § 6.5. Противозумовая коррекция . . . . . 210  
Простая противозумовая коррекция (211). Сложная противозумовая коррекция (214).