

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Основные обозначения	4
Глава 1	
Общие сведения об усилительных устройствах	
1.1. Основные определения	8
1.2. Виды электрических сигналов	9
1.3. Классификация усилительных устройств	11
1.4. Виды усилительных каскадов	13
1.5. Краткая история развития теории и техники усилительных устройств	14
Глава 2	
Основные показатели усилителей	
2.1. Коэффициенты усиления	18
2.2. Рабочий диапазон частот	20
2.3. Характеристики усилителя при работе в установившемся режиме	20
2.3.1. Сквозная динамическая характеристика	21
2.3.2. Сквозная частотная характеристика	22
2.3.3. Сквозная фазовая характеристика	22
2.3.4. Частотно-фазовая характеристика	23
2.3.5. Сквозная амплитудная характеристика	23
2.4. Характеристики усилителя при работе в переходном режиме	24
2.5. Связь между частотной, фазовой и переходной характеристиками	25
2.6. Линейные искажения	25
2.6.1. Виды линейных искажений	26
2.6.2. Частотные искажения	27
2.6.3. Фазовые искажения	28
2.6.4. Переходные искажения	30
2.7. Нелинейные искажения	33
2.8. Выходные и входные данные	34
2.9. Потребляемая мощность и коэффициент полезного действия	34
2.10. Внутренние помехи	34
2.10.1. Виды внутренних помех	35
2.10.2. Тепловой шум	36
2.10.3. Шумы усилительных элементов	38
2.10.4. Фон	39
2.10.5. Шум микрофонного эффекта	39
2.11. Динамический диапазон	39
Глава 3	
Основы общей теории усилительных схем	
3.1. Общая теория четырехполюсников	41
3.1.1. Уравнения, параметры и эквивалентные схемы	41
3.1.2. Показатели четырехполюсников	45
3.2. Общая теория обратной связи	47
3.2.1. Виды обратной связи	47
3.2.2. Матричный метод анализа обратной связи	49
3.2.3. Количественная оценка обратной связи	51
3.3. Влияние обратной связи на входной и выходной иммитансы	56
3.3.1. Y-связь	56
3.3.2. Z-связь	58

3.3.3. H-связь	60
3.3.4. K-связь	62
3.3.5. Общая формула для нахождения сопротивления участка цепи устройства с обратной связью	63
3.4. Влияние обратной связи на стабильность усиления, характеристики усилителя и искажения	63
3.4.1. Стабильность коэффициента усиления	63
3.4.2. Частотная, фазовая и переходная характеристики	64
3.4.3. Внутренние помехи	67
3.4.4. Нелинейные искажения и динамический диапазон	67

Глава 4

Работа транзисторов и ламп в усилительных каскадах

4.1. Три схемы включения биполярного транзистора и их свойства	69
4.1.1. Общие сведения	69
4.1.2. Каскад с общим эмиттером	70
4.1.3. Каскад с общей базой	80
4.1.4. Каскад с общим коллектором	84
4.1.5. Пример расчета показателей каскадов ОЭ, ОБ и ОК	90
4.2. Составные транзисторы	92
4.3. Три схемы включения полевого транзистора и их свойства	98
4.3.1. Общие сведения	98
4.3.2. Каскад с общим истоком	99
4.3.3. Каскад с общим затвором	103
4.3.4. Каскад с общим стоком	105
4.3.5. Пример расчета показателей каскадов ОИ, ОЗ, ОС	107
4.4. Три схемы включения электронной лампы и их свойства	108
4.4.1. Общие сведения	108
4.4.2. Каскад с общим катодом	109
4.4.3. Каскад с общей сеткой	111
4.4.4. Каскад с общим анодом	112
4.5. Шумовые параметры усилительных элементов	113
4.5.1. Общие сведения	113
4.5.2. Шумовые параметры биполярных транзисторов	114
4.5.3. Шумовые параметры полевых транзисторов	119
4.5.4. Шумовые параметры электронных ламп	122
4.6. Виды режимов работы	124
4.6.1. Режим А	124
4.6.2. Режим В	124
4.6.3. Режим АВ	126
4.6.4. Режим С	126
4.6.5. Режим D	127
4.7. Нагрузочные линии и динамические характеристики	127
4.7.1. Виды динамических характеристик	127
4.7.2. Нагрузочные линии для постоянного и переменного токов	129
4.7.3. Входная динамическая характеристика	129
4.7.4. Динамическая характеристика прямой передачи	130
4.7.5. Выходная динамическая характеристика	131
4.7.6. Сквозная динамическая характеристика	131
4.8. Гармонический анализ колебаний выходной величины по динамическим характеристикам	132
4.8.1. Общие соотношения	132
4.8.2. Метод трех ординат	133
4.8.3. Метод пяти ординат	134
4.8.4. Метод двух ординат	135
4.8.5. Примеры расчета гармонических составляющих	135
4.9. Цепи питания биполярных транзисторов	137
4.9.1. Общие сведения	137
4.9.2. Цепь смещения с фиксацией тока базы	138
4.9.3. Цепь смещения с фиксацией напряжения на базе	140
4.9.4. Эквивалентная схема транзистора по дрейфу	144

4.9.5. Цепь смещения с эмиттерной стабилизацией	145
4.9.6. Анализ эмиттерной стабилизации	146
4.9.7. Цепь смещения с коллекторной стабилизацией	148
4.9.8. Цепь смещения с эмиттерно-коллекторной стабилизацией	149
4.9.9. Пример расчета элементов цепей смещения и нестабильности коллекторного тока	150
4.10. Цепи питания полевых транзисторов	153
4.10.1. Общие сведения	153
4.10.2. Цепи смещения с фиксацией напряжения на затворе	154
4.10.3. Цепи смещения с истоковой стабилизацией	155
4.11. Цепи питания электронных ламп	155
4.11.1. Общие сведения	155
4.11.2. Цепи питания накала	156
4.11.3. Цепь смещения с катодной стабилизацией	157
4.11.4. Цепь смещения с фиксацией напряжения на сетке	158
4.11.5. Цепи питания экранирующей сетки	159

Глава 5

Каскады предварительного усиления

5.1. Резисторный каскад на биполярном транзисторе	162
5.1.1. Общие сведения	162
5.1.2. Принципиальная схема каскада	162
5.1.3. Частотная характеристика	165
5.1.4. Область средних частот	166
5.1.5. Область верхних частот	167
5.1.6. Область нижних частот	177
5.1.7. Соотношения между частотами среза, полюсов и нулей	181
5.1.8. Влияние конденсаторов C_E и C_f на характеристики в области нижних частот	185
5.1.9. Примеры расчета	189
5.2. Резисторные каскады на полевом транзисторе и электронной лампе	192
5.2.1. Принципиальные схемы каскадов	192
5.2.2. Область средних частот	193
5.2.3. Область верхних частот	194
5.2.4. Область нижних частот	195
5.2.5. Влияние конденсаторов C_S , C_K и C_{G2} на характеристики в области нижних частот	196
5.3. Широкополосные резисторные каскады	199
5.3.1. Общие сведения о корректирующих устройствах	199
5.3.2. Высокочастотная эмиттерная коррекция	200
5.3.3. Высокочастотные истоковая и катодная коррекции	212
5.3.4. Высокочастотная индуктивная коррекция	213
5.3.5. Каскады с распределенным усилением	218
5.3.6. Низкочастотная коррекция	219
5.4. Использование трансформатора в качестве элемента связи	225
5.4.1. Общие сведения о сигнальных трансформаторах	225
5.4.2. Эквивалентная схема трансформатора	226
5.4.3. Область средних частот. Условие согласования по сигналу	227
5.4.4. Область нижних частот	228
5.4.5. Область верхних частот	229
5.4.6. Условие согласования по отношению сигнал/помеха	234
5.5. Входные цепи и входные каскады	235
5.5.1. Общие сведения	235
5.5.2. Входные устройства усилителей звуковой частоты	236
5.5.3. Входные устройства широкополосных и импульсных усилителей	239
5.5.4. Отношение сигнал/помеха	241
5.5.5. Противошумовая коррекция	245

Глава 6

Каскады оконечного и предоконечного усиления

6.1. Виды оконечных и предоконечных каскадов	250
--	-----

6.2. Однотактный трансформаторный каскад	251
6.2.1. Каскад с транзистором	256
6.2.2. Каскад с электронной лампой	259
6.3. Двухтактный трансформаторный каскад	259
6.3.1. Общие сведения	259
6.3.2. Работа двухтактного каскада в режиме B	264
6.3.3. Транзисторный двухтактный каскад усиления мощности	267
6.3.4. Ламповый двухтактный каскад усиления мощности	269
6.3.5. Мощный предоконечный каскад	273
6.4. Усилители с бестрансформаторным двухтактным выходом	273
6.4.1. Общие сведения о бестрансформаторных усилителях	274
6.4.2. Усилители на одиночных транзисторах с оконечной схемой с параллельным возбуждением однофазным напряжением	274
6.4.3. Усилители на составных транзисторах с оконечной схемой с параллельным возбуждением однофазным напряжением	278
6.4.4. Усилители с оконечной схемой с последовательным возбуждением однофазным напряжением	279
6.4.5. Усилители с оконечной схемой с параллельным возбуждением двухфазным напряжением	281
6.5. Ламповые фазоинверсные каскады	284
6.5.1. Общие сведения	284
6.5.2. Фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой	285
6.5.3. Фазоинверсный каскад на лампе с общим катодом	286
6.5.4. Автобалансный фазоинверсный каскад на лампе с общим катодом	288
6.5.5. Фазоинверсный каскад на лампе с общей сеткой	290
6.6. Широкополосные оконечные и предоконечные каскады	290
6.6.1. Каскады усиления напряжения	298
6.6.2. Каскады усиления мощности	298

Глава 7

Усилительные устройства с обратной связью

7.1. Устойчивость усилительных устройств с обратной связью	302
7.1.1. Условия устойчивости	302
7.1.2. Запас устойчивости	304
7.1.3. Устойчивость N -каскадного усилителя с равными частотами полюсов (среза) каскадов	305
7.1.4. Устойчивость N -каскадного усилителя с неравными частотами полюсов (среза) каскадов	308
7.1.5. Устойчивость усилителя, содержащего корректирующие цепи	310
7.1.6. Использование высокочастотных RC -корректирующих цепей	310
7.1.7. Использование высокочастотных LCR -корректирующих цепей. Характеристики идеального среза	313
7.1.8. Обеспечение устойчивости в области нижних частот	316
7.2. Избирательные усилители с частотнозависимой обратной связью	318
7.3. Усилительные устройства со смешанной обратной связью	321
7.3.1. Общие сведения	321
7.3.2. Усилительное устройство со смешанной обратной связью, осуществляемой с помощью одного шестиполосника связи	322
7.3.3. Усилительное устройство со смешанной обратной связью, осуществляемое с помощью двух шестиполосников связи	326
7.4. Двусторонние усилительные устройства на элементах с отрицательным сопротивлением	331

Глава 8

Усилители постоянного тока. Реактивные усилители

8.1. Свойства и область применения усилителей постоянного тока	334
8.2. Усилители постоянного тока прямого усиления	335
8.2.1. Однокаскадные усилители	335
8.2.2. Дрейф выходного тока	337

8.2.3. Дифференциальный усилитель	340
8.2.4. Виды межкаскадной связи	343
8.2.5. Усилители прямого усиления с обратной связью	346
8.2.6. Использование интегральных схем	352
8.3. Усилители постоянного тока с преобразованием	357
8.4. Операционные усилители	361
8.5. Реактивные усилители	363

Глава 9

Общие вопросы усилительной техники

9.1. Регулировка усиления	367
9.2. Регулировка тембра	369
9.3. Надежность усилительных устройств	370
9.3.1. Основные показатели надежности	370
9.3.2. Способы повышения надежности	373
9.3.3. Защита транзисторов от перегрузки по мощности и от перенапряжений	374
Список литературы	376
Предметный указатель	378

Георгий Валерианович Войшвилло

УСИЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Редактор *С. Т. Симонова*

Техн. редактор *К. Г. Марков*

Художник *В. Г. Ефимов*

Корректор *Л. Н. Лецева*

Сдано в набор 17/1 1975 г. Подписано в печ. 7/IV 1975 г.
 Т-02586 Формат 60×90/16 Бумага тип. № 3 24,0 усл.-печ. л. 24,36 уч.-изд. л.
 Тираж 25 000 экз. Изд. № 14735 Зак. № 15 Цена 1 руб. 08 коп.
 Издательство «Связь», Москва 101000, Чистопрудный бульвар, д. 2

Типография издательства «Связь» Госкомиздата СССР.
 Москва 101000, ул. Кирова, д. 40