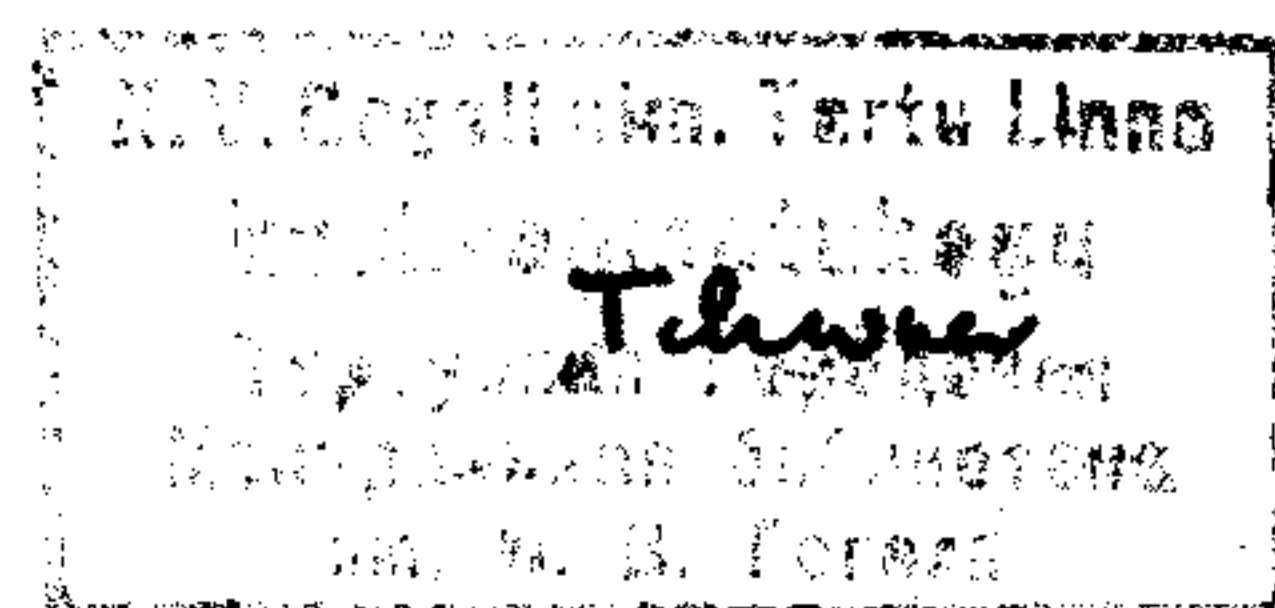


## ЛИТЕРАТУРА, НА КОТОРУЮ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ТЕКСТЕ

1. Боде Г. Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью. Изд. ИЛ, 1948.
2. Брауде Г. В., Епанешников К. В. и Климушев Б. Я. «Расчёт сложной схемы коррекции телевизионных усилителей». «Радиотехника», № 6, 1949 и № 2, 1950.
3. Власов В. Ф. Электровакуумные приборы. Связьиздат, 1949.
4. Войшвилло Г. В. Усилители низкой частоты. Связьиздат, 1939.
5. Войшвилло Г. В. Усилители низкой частоты на электронных лампах. Связьиздат, 1959.
6. Зелях Э. В. Основы общей теории линейных электрических схем. Изд. АН СССР, 1951.
7. Ицхоки Я. С. Импульсные устройства. Изд. «Советское радио», 1959.
8. Лабутин В. К. Усилитель класса Д. Госэнергоиздат, 1956.
9. Лабутин В. К. Новое в технике высококачественного усиления. Госэнергоиздат, 1957.
10. Лоу А. и др. Основы полупроводниковой электроники. Изд. «Советское радио», 1958.
11. Лурье О. Б. Усилители видеочастоты. Изд. «Советское радио», 1955.
12. Мазель К. Б. Стабилизаторы напряжения и тока. Госэнергоиздат, 1955.
13. Мамонкин И. Г. Импульсные усилители. Госэнергоиздат, 1958.
14. Muller F. A. «High frequency compensation of RC amplifiers» «PIRE», August 1954.
15. Нейман М. С. Курс радиопередающих устройств. Ч. 1. Радиопередатчики высоких частот. Изд. «Советское радио», 1957.
16. Nyquist H. «Regeneration theory». «BSTJ», January 1932.
17. Pen Tung Sah, A. «Quasi-transients in class B audio frequency push-pull amplifiers». «PIRE», November 1935.
18. Писаревский А. М. «Исследование нелинейных искажений, обусловленных устанавливающимися процессами в мощных усилителях класса В». «Радиотехника», № 2, 1947.
19. Ризкин А. А. Основы теории усилительных схем. Изд. «Советское радио», 1954.
20. Сифоров В. И. Радиоприёмные устройства. Воениздат, 1951.
21. Смирнов В. И. Курс высшей математики, т. 2. ГИТТЛ, 1956.
22. Терентьев Б. П. Электропитание радиоустройств. Связьиздат, 1948.
23. Теумин И. И. Справочник по переходным электрическим процессам. Связьиздат, 1951.
24. Цыкин Г. С. Трансформаторы низкой частоты. Связьиздат, 1955.
25. Цыкин Г. С. Отрицательная обратная связь и её применение. Связьиздат, 1940.
26. Цыкин Г. С. «К расчёту катодного повторителя». «Радиотехника», № 1, 1955.
27. Ши Р. (под общей редакцией). Полупроводниковые триоды и их применение. Госэнергоиздат, 1957.
28. Шиповский А. Н. Высококачественные усилители низкой частоты. Госэнергоиздат, 1952.
29. Эйленкриг А. И. «Модуляционное устройство класса В». «ИЭСТ», № 9, 1940.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Глава 1

#### ВВЕДЕНИЕ

	Стр.
1.1. Основные сведения и определения . . . . .	4
1.2. Типы усилителей и их классификация . . . . .	5
1.3. Способы усиления электрических сигналов . . . . .	7
1.3.1. Электровакуумный усилительный элемент . . . . .	7
1.3.2. Полупроводниковый усилительный элемент . . . . .	8
1.3.3. Магнитный и диэлектрический усилительные элементы . . . . .	9
1.3.4. Сверхпроводниковый усилительный элемент . . . . .	9

### Глава 2

#### ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УСИЛИТЕЛЯ

2.1. Выходные и входные данные . . . . .	11
2.2. Коэффициент усиления и коэффициент полезного действия . . . . .	12
2.3. Частотная, фазовая и переходная характеристики . . . . .	14
2.4. Амплитудная характеристика и динамический диапазон . . . . .	22
2.5. Собственные помехи усилителя . . . . .	24
2.5.1. Наводки и фон . . . . .	24
2.5.2. Помехи от микрофонного эффекта . . . . .	25
2.5.3. Тепловые шумы . . . . .	26
2.5.4. Шумы усилительных элементов . . . . .	28
2.6. Нелинейные искажения . . . . .	28
2.6.1. Общие сведения . . . . .	29
2.6.2. Коэффициент гармоник и затухание нелинейности . . . . .	31
2.6.3. Коэффициент нелинейности . . . . .	31

### Глава 3

#### ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УСИЛИТЕЛЬНЫХ СХЕМ

3.1. Блок-схема усилителя . . . . .	32
3.2. Способы включения усилительных элементов . . . . .	34
3.3. Цепи питания усилительных элементов . . . . .	36
3.3.1. Питание цепей накала . . . . .	36
3.3.2. Питание цепей управляющих сеток . . . . .	38
3.3.3. Питание цепей анодов и экранирующих сеток . . . . .	40
3.3.4. Питание цепей полупроводниковых триодов и стабилизация точки покоя . . . . .	43
3.4. Схемы межступенной связи . . . . .	47
3.4.1. Общие соображения . . . . .	47
3.4.2. Степень с непосредственной связью . . . . .	48
3.4.3. Реостатная ступень . . . . .	48

3.4.4. Трансформаторная ступень	49
3.4.5. Дроссельная ступень	50
3.4.6. Реостагно-трансформаторная ступень	51
3.5. Несимметричные и симметричные ступени	51
3.5.1. Несимметричные (однотактные) ступени	51
3.5.2. Симметричные (двухтактные) ступени	52
3.5.3. Инверсные ступени	56

## Глава 4

## РАБОТА УСИЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА В СХЕМЕ

4.1. Динамические характеристики	57
4.1.1. Общие сведения	57
4.1.2. Выходные динамические характеристики	58
4.1.3. Проходные динамические характеристики	65
4.1.4. Входные динамические характеристики	67
4.1.5. Сквозные динамические характеристики	68
4.2. Определение гармонических составляющих выходного тока	69
4.2.1. Метод пяти ординат	69
4.2.2. Метод трёх ординат	72
4.3. Режимы работы усилительного элемента	73
4.3.1. Режим А	73
4.3.2. Режим В	74
4.3.3. Режим С	76
4.3.4. Режим D	77
4.3.5. Работа с токами сетки	77
4.4. Свойства электронной лампы при различных способах включения	78
4.4.1. Включение с общим катодом	78
4.4.2. Включение с общим анодом	84
4.4.3. Включение с общей сеткой	88
4.5. Свойства полупроводникового триода при различных способах включения	90
4.5.1. Включение с общей базой	93
4.5.2. Включение с общим эмиттером	95
4.5.3. Включение с общим коллектором	96
4.5.4. Сравнение свойств полупроводникового триода при различных способах включения	97
4.5.5. Частотные свойства полупроводниковых триодов	100
4.5.6. Соотношения между $z$ -, $y$ - и $h$ -параметрами полупроводниковых триодов	102

## Глава 5

## СТУПЕНИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ

5.1. Предъявляемые требования и методы анализа	104
5.2. Реостатная ступень	105
5.2.1. Основные свойства, применение, эквивалентные схемы	105
5.2.2. Область нижних частот	109
5.2.3. Область средних частот	114
5.2.4. Область верхних частот	115
5.2.5. Расчёт реостатной ступени	121
5.2.6. Примеры расчёта	125
5.3. Трансформаторная ступень	130
5.3.1. Основные свойства, применение, эквивалентная схема	130
5.3.2. Область нижних частот	135

5.3.3. Область средних частот	139
5.3.4. Область верхних частот	144
5.3.5. Нелинейные искажения, вносимые трансформатором	158
5.4. Примеры расчёта	162
5.5. Реостатно-трансформаторная ступень	165
5.5.1. Принципиальная схема, основные свойства, применение	165
5.5.2. Эквивалентная схема, основные характеристики, расчёт	166
5.6. Дроссельно-реостатная ступень	171
5.6.1. Принципиальная схема, основные свойства, применение	171
5.6.2. Эквивалентная схема, основные характеристики, расчёт	173
5.7. Широкополосные ступени и коррекция	173
5.7.1. Применение и основные сведения	176
5.7.2. Низкочастотная коррекция	176
5.7.3. Параллельная высокочастотная коррекция	181
5.7.4. Последовательная высокочастотная коррекция	187
5.7.5. Сложная высокочастотная коррекция	188
5.7.6. Расчёт широкополосных ступеней	195
5.7.7. Примеры расчёта	198
5.7.8. Ступень с бегущей волной	208

## Глава 6

## СТУПЕНИ МОЩНОГО УСИЛЕНИЯ

6.1. Предъявляемые требования	212
6.2. Работа ступени в режиме А	213
6.2.1. Основные соотношения	213
6.2.2. Ступень с трёхэлектродной лампой	216
6.2.3. Ступень с экранированной лампой	223
6.2.4. Ступень с полупроводниковым триодом	227
6.3. Работа ступени в режиме В	235
6.3.1. Основные соотношения	235
6.3.2. Ступень с трёхэлектродными лампами	240
6.3.3. Ступень с экранированными лампами	244
6.3.4. Ступень с полупроводниковыми триодами	248
6.4. Расчёт ступени с токами сетки	252
6.5. Предмощные ступени	254
6.5.1. Предъявляемые требования	254
6.5.2. Трансформаторная предмощная ступень	255
6.5.3. Дроссельная предмощная ступень с катодным выходом	257
6.6. Специальные схемы ступеней мощного усиления	259
6.6.1. Двухтактные схемы с выходным трансформатором специальной конструкции	259
6.6.2. Ультранийная ступень	262
6.6.3. Бестрансформаторные двухтактные ступени	263

## Глава 7

## ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

7.1. Основные определения	267
7.2. Влияние обратной связи на свойства усилителя	269
7.2.1. Коэффициент усиления	269
7.2.2. Нелинейные искажения и помехи	272
7.2.3. Нестабильность усиления	274
7.2.4. Входное сопротивление	275
7.2.5. Выходное сопротивление	277
7.2.6. Частотная, фазовая и переходная характеристики	281

### КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ДРОССЕЛЕЙ

Стр.

7.3. Устойчивость усилителей с обратной связью	286
7.3.1. Причина самовозбуждения	286
7.3.2. Критерий устойчивости	287
7.3.3. Способы обеспечения устойчивости	289
7.4. Схемы с обратной связью	294
7.4.1. Цепочка катодного смещения и цепочка экранирующей сетки	294
7.4.2. Высокочастотная коррекция цепочкой катодного смещения	304
7.4.3. Катодный и эмиттерный повторители	306
7.4.4. Инверсная ступень с разделённой нагрузкой	314
7.4.5. Инверсная ступень с катодной (эмиттерной) связью	318
7.4.6. Инверсная ступень с общим катодом	323
7.4.7. Схемы усилителей с обратной связью	327

## Глава 8

#### СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ УСИЛИТЕЛЕЙ

8.1. Усилители постоянного тока	332
8.1.1. Основные свойства и применение	332
8.1.2. Усилители постоянного тока прямого усиления	333
8.1.3. Дрейф нуля и способы его уменьшения	337
8.1.4. Усилители постоянного тока с преобразованием	345
8.2. Избирательные усилители	349
8.2.1. Основные свойства и применение	349
8.2.2. Усилители с резонансными контурами	350
8.2.3. Усилители с обратной связью	357

## Глава 9

#### ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ

9.1. Проектирование многоступенных усилителей	362
9.2. Искажения сигнала в многоступенном усилителе	362
9.2.1. Коэффициент усиления и искажения в многоступенном усилителе	362
9.2.2. Последовательность расчёта усилителя; распределение искажений между ступенями и взаимная их коррекция	369
9.3. Паразитные связи в многоступенных усилителях	379
9.3.1. Виды паразитных связей	379
9.3.2. Электростатические связи	379
9.3.3. Индуктивные связи	381
9.3.4. Электромагнитные связи	382
9.3.5. Электромеханические связи	383
9.3.6. Связи через общие источники питания	388
9.3.7. Расчёт развязывающих фильтров	391
9.4. Требования к источникам питания усилителя	400
9.4.1. Требования к источникам питания цепей накала	400
9.4.2. Требования к источникам питания анодных (коллекторных) цепей	401
9.4.3. Расчёт допустимой пульсации источников питания	404
9.4.4. Расчёт цепочек $C_{\phi} R_{\phi}$ на сглаживание пульсаций	407
9.5. Регулировка усиления и регулировка тембра	411
9.5.1. Назначение регулировки усиления и её типы	411
9.5.2. Потенциометрическая регулировка	412
9.5.3. Регулировка изменением режима	419
9.5.4. Регулировка обратной связью	421
9.5.5. Регулировка тембра	422
9.6. Конструктивное оформление усилителей	425
9.7. Примеры построения схем усилителей	426

Стр.

10.1. Конструктивный расчёт трансформаторов с сердечником из магнитного материала	430
10.1.1. Задачи конструктивного расчёта	430
10.1.2. Конструкции трансформаторов	431
10.1.3. Типы сердечников и их сборка	434
10.1.4. Выбор магнитного материала для сердечника	436
10.1.5. Выбор и расчёт размеров сердечника	441
10.1.6. Расчёт числа витков обмоток	442
10.1.7. Выбор изоляции провода обмоток и расчёт его диаметра	445
10.1.8. Расположение обмоток и расчёт их размещения	454
10.1.9. Пример конструктивного расчёта трансформатора	456
10.2. Конструктивный расчёт дросселей	456
10.2.1. Расчёт дросселей с замкнутым сердечником	457
10.2.2. Расчёт дросселей высокочастотной коррекции	457

## Глава 11

#### ИСПЫТАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ

11.1. Основные испытания, проходимые усилителем	459
11.2. Снятие частотной, фазовой и амплитудной характеристик	459
11.3. Измерение переходных искажений	463
11.4. Измерение коэффициента гармоник	464
Приложение 1. Семейства нормированных частотных характеристик ступени с низкочастотной коррекцией цепочкой $C_{\phi} R_{\phi}$	466
Приложение 2. Семейства нормированных переходных характеристик ступени с низкочастотной коррекцией цепочкой $C_{\phi} R_{\phi}$	471
Приложение 3. Основные данные некоторых медных обмоточных проводов	476
Приложение 4. Основные данные броневых сердечников и трансформаторов, собранных из Ш-образных пластин	479
4.1. Сердечники для трансформаторов наименьшей стоимости	479
4.2. Сердечники для трансформаторов наименьшего веса	480
Литература	482

