

М. Б. ЦЕЙТЛИН, М. А. ФУРСАЕВ, О. В. БЕЦКИЙ

# СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ СО СКРЕЩЕННЫМИ ПОЛЯМИ

Под ред. М. Б. ЦЕЙТЛИНА



МОСКВА «СОВЕТСКОЕ РАДИО» 1978

УДК 621.385.6

**Цейтлин М. Б., Фурсаев М. А., Бецкий О. В.** Сверхвысокочастотные усилители со скрещенными полями. Под ред. М. Б. Цейтлина. М., «Сов. радио», 1978, 280 с.

В книге излагаются методы расчета и анализа СВЧ усилителей со скрещенными полями (типа М). Рассматриваются лучевые усилители (с вынесенной из пространства взаимодействия электронно-оптической системой) и амплитроны — усилители с катодом в пространстве взаимодействия. Кроме общей теории взаимодействия электронного потока с замедленной электромагнитной волной в режиме больших сигналов уделено значительное внимание исследованию новых схем и различных режимов работы лучевых приборов. В разделе, посвященном амплитрону, дается анализ основных электрических характеристик, а также расчет выходных параметров усилителя.

Книга предназначена для инженеров и научных сотрудников, работающих в области электроники СВЧ и радиофизики, а также для преподавателей и студентов высших учебных заведений. Она может быть использована в качестве учебного пособия для курсового и дипломного проектирования.

157 рис., 8 табл., библиограф. 175 назв.

*Редакция литературы по электронной технике*

Ц  $\frac{30404-024}{046(01)-78}$  53-78

© Издательство «Советское радио», 1978 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4
<b>Часть первая. Лучевые усилители М-типа . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>Глава 1. Основные типы лучевых СВЧ усилителей со скрещенными полями . . . . .</b>	<b>7</b>
1.1. Введение . . . . .	7
1.2. Принцип работы и особенности лучевых усилителей со скрещенными полями . . . . .	7
1.3. Механизмы взаимодействия (усиления) в скрещенных полях . . . . .	14
1.4. Основные типы лучевых усилителей со скрещенными полями . . . . .	20
<b>Глава 2. Основные уравнения нелинейной теории взаимодействия электронного пучка с бегущей электромагнитной волной . . . . .</b>	<b>30</b>
2.1. Введение . . . . .	30
2.2. Вывод основных уравнений для модели прибора с бесконечно тонким пучком . . . . .	31
2.3. Линеаризация основных уравнений . . . . .	47
2.4. Модель ЛБВМ с пучком конечной толщины . . . . .	50
<b>Глава 3. Анализ работы лучевого усилителя в нелинейном режиме . . . . .</b>	<b>54</b>
3.1. Введение . . . . .	54
3.2. Нелинейная теория волн пространственного заряда . . . . .	55
3.3. Основные результаты расчета нелинейных характеристик лучевого усилителя . . . . .	63
3.4. Влияние пространственного заряда и толщины пучка на основные характеристики усилителя . . . . .	78
3.5. Приближенные методы анализа . . . . .	86
<b>Глава 4. Анализ новых схем лучевых СВЧ приборов М-типа . . . . .</b>	<b>92</b>
4.1. Введение . . . . .	92
4.2. Вопросы повышения коэффициента усиления в лучевых приборах . . . . .	92
4.3. Основные схемы секционированных ступенчатых усилителей и некоторые исследования в режиме малых сигналов . . . . .	100

4.4. Анализ двухсекционного ступенчатого усилителя в режиме больших сигналов . . . . .	109
4.5. Каскадные усилители М-типа с двумя электронными пучками в режиме больших амплитуд . . . . .	119
4.6. Секционированный усилитель на обратной волне со ступенчатым изменением высоты пространства взаимодействия . . . . .	133
4.7. Анализ работы гибридного прибора типа ЛОВМ-ЛБВМ . . . . .	140
<b>Глава 5. Исследование взаимодействия электронного пучка с высшими временными гармониками СВЧ поля . . . . .</b>	<b>147</b>
5.1. Введение . . . . .	147
5.2. Вывод основных уравнений . . . . .	148
5.3. Анализ работы усилителя М-типа в многочастотном режиме . . . . .	150
5.4. Возбуждение высших гармоник в усилителе М-типа . . . . .	156
5.5. Умножение частоты в приборах М-типа . . . . .	161
5.6. Экспериментальное исследование умножителя частоты . . . . .	166
<b>Часть вторая. Усилители М-типа с катодом в пространстве взаимодействия . . . . .</b>	<b>171</b>
<b>Глава 6. Основные типы усилителей . . . . .</b>	<b>171</b>
6.1. Введение . . . . .	171
6.2. Принцип работы и особенности усилителей М-типа с катодом в пространстве взаимодействия . . . . .	171
6.3. Основные типы магнетронных усилителей . . . . .	177
6.4. Особенности работы магнетронных усилителей в схеме с источником анодного питания . . . . .	186
6.5. Работа магнетронных усилителей в режиме управления входным сигналом . . . . .	188
<b>Глава 7. Методы анализа работы амплитрона . . . . .</b>	<b>193</b>
7.1. Введение . . . . .	193
7.2. Метод самосогласованного поля . . . . .	193
7.3. Основы анализа амплитрона методом эквивалентных магнетронов . . . . .	198
7.4. Простейшая теория амплитрона . . . . .	204
<b>Глава 8. Анализ электрических характеристик амплитрона . . . . .</b>	<b>212</b>
8.1. Введение . . . . .	212
8.2. Уравнения установившегося режима эквивалентного магнетрона . . . . .	212
8.3. Соотношения для расчета выходных параметров амплитрона и анализ его электрических характеристик . . . . .	216
8.4. Анализ возможностей повышения коэффициента усиления амплитрона . . . . .	232
8.5. Анализ фазовых характеристик амплитрона . . . . .	236
<b>Глава 9. Анализ работы амплитрона с учетом возбуждения паразитных видов колебаний . . . . .</b>	<b>243</b>
9.1. Введение . . . . .	243

