

УДК 621.396.62

ББК 32.842

3-601

*Печатается по решению кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (протокол № 22 от 31 мая 2023 г.)*

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор Южного федерального университета

*К. Е. Румянцев*

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

начальник лаборатории АО «ТНИИС» *С. В. Крикотин*

**Зикий, А. Н.**

3-601      Управляемые устройства СВЧ : учебное пособие / А. Н. Зикий, А. В. Помазанов, А. В. Андрианов, А. С. Кочубей ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2023. – 204 с.

ISBN 978-5-9275-4483-7

Изложены принципы построения и основы проектирования управляемых устройств СВЧ-радиосигналов, применяемых в телекоммуникационных системах. Рассматриваются вопросы схемотехники и конструкции управляемых устройств. Приводятся многочисленные результаты разработки и экспериментальных исследований управляемых устройств различных диапазонов длин волн. Учебное пособие написано на основе оригинальных работ авторов, опубликованных в научных журналах.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 10.05.02 – Информационная безопасность телекоммуникационных систем и изучающих дисциплину «Устройства телекоммуникационных систем», может быть полезно при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 621.396.62

ББК 32.842

ISBN 978-5-9275-4483-7

© Южный федеральный университет, 2023

© Зикий А. Н., Помазанов А. В.,  
Андрианов А. В., Кочубей А. С., 2023

© Оформление. Макет. Издательство  
Южного федерального университета, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. АТТЕНЮАТОРЫ СВЧ ДИАПАЗОНА .....	6
1.1. Экспериментальное исследование ступенчатого аттенюатора с механическим управлением .....	6
1.2. Ступенчатый аттенюатор .....	13
1.3. Экспериментальное исследование ступенчатого аттенюатора на микросхеме .....	21
1.4. Аттенюатор с цифровым управлением на базе модуля M44752 .....	25
1.5. Ступенчатый аттенюатор с электронным управлением (328 МГц) .....	30
1.6. Фиксированный аттенюатор дециметровых волн .....	38
1.7. Аттенюатор миллиметрового диапазона .....	43
1.8. Широкополосный аттенюатор с электронным управлением .....	46
1.9. Моделирование и экспериментальное исследование аттенюатора сантиметрового диапазона .....	53
1.10. Управляемый аттенюатор дециметровых волн .....	61
1.11. Аттенюатор сантиметрового диапазона с электронным управлением .....	67
2. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ .....	72
2.1. Двухканальный переключатель .....	72
2.2. Моделирование pin-диодного переключателя сантиметрового диапазона [57] .....	77
2.3. Шестиканальный переключатель [70] .....	79
2.4. Высокочастотный выключатель [62] .....	82
2.5. Моделирование и экспериментальное исследование pin-диодного выключателя [61] .....	87
2.6. Экспериментальное исследование двухканального переключателя на микросхеме [67] .....	93
2.7. Волноводные выключатели фирмы «САЛЮТ» .....	97
2.8. Волноводный выключатель [71] .....	101
2.9. Трёхканальный переключатель .....	105

*Содержание*

2.10. Четырёхканальный переключатель на рпн-диодах .....	109
2.11. Пятиканальный переключатель .....	114
2.12. Шестиканальный переключатель на рпн-диодах .....	117
2.13. Выключатель дециметрового диапазона .....	122
3. ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА СВЧ (ОГРАНИЧИТЕЛИ) .....	128
3.1. Тенденции развития защитных устройств СВЧ по патентным источникам информации [86] .....	128
3.2. Полупроводниковое защитное устройство .....	131
3.3. Защитное устройство миллиметрового диапазона .....	134
3.4. Экспериментальное исследование защитного устройства [77] .....	137
3.5. Ограничительные свойства серийных малошумящих усилителей [87] .....	144
3.6. Моделирование ограничителя дециметрового диапазона .....	148
3.7. Диодный ограничитель .....	154
4. ФАЗОВРАЩАТЕЛИ И ФАЗОВЫЕ МОДУЛЯТОРЫ .....	162
4.1. Экспериментальное исследование сверхвысокочастотного фазового манипулятора [88] .....	162
4.2. Разработка и экспериментальное исследование широкополосного фазового манипулятора [90] .....	171
4.3. Электронные коммутаторы для модуляторов .....	175
4.4. Экспериментальные исследования СВЧ-фазовращателя .....	178
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	183
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	184
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	192
Приложение А. Фотографии аттенуаторов .....	192
Приложение Б. Фотографии фиксированных аттенуаторов .....	195
Приложение В. Фотографии переключателей и выключателей ...	197
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	203