

УДК 537.533.2(075.8)
ББК 32.85я73
К49

Климов А.И.

К49 Экспериментальные методы в сильноточной электронике: учебное пособие / А.И. Климов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 238 с.

ISBN 978-5-4387-0294-8

В пособии описаны экспериментальные методы в сильноточной электронике, в том числе особенности осциллографической регистрации наносекундных сигналов, высоковольтных импульсов напряжения и больших импульсных токов, измерения параметров сильноточных электронных пучков и мощных импульсов СВЧ-излучения, радиосигнальные линии передачи и методы борьбы с электромагнитными помехами.

Предназначено для магистрантов, обучающихся по специальности «Физическая электроника». Может быть полезно студентам, аспирантам, инженерно-техническим и научным работникам, специализирующимся в области мощной импульсной, техники сильноточной электроники и электрофизики.

УДК 537.533.2(075.8)
ББК 32.85я73

Рецензенты

Доктор физико-математических наук
заведующий лабораторией 53 ФТИ ТПУ

И.И. Винтизенко

Доктор физико-математических наук
ведущий научный сотрудник
Института сильноточной электроники СО РАН

В.В. Ростов

Доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник
Института сильноточной электроники СО РАН

И.В. Пегель

ISBN 978-5-4387-0294-8

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013
© Климов А.И., 2013
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СИГНАЛЫ В СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ	7
1.1. Общие вопросы измерения импульсов	7
1.2. Взаимодействие видеоимпульсов с устройствами	8
1.3. Интегральные параметры видеоимпульсов	10
1.4. Локальные параметры видеоимпульсов	20
1.5. Параметры радиоимпульсов и импульсов оптического излучения	24
2. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИМПУЛЬСОВ	27
3. ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ	39
3.1. Универсальные осциллографы	40
3.2. Осциллографы с запоминающими ЭЛТ	43
3.3. Скоростные осциллографы	45
3.4. Стробоскопические осциллографы	47
3.5. Цифровые осциллографы	51
4. ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ	53
5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ	65
6. ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОКИХ ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ	78
6.1. Общие вопросы	78
6.2. Омические делители напряжения	83
6.3. Емкостные делители напряжения	86
6.4. Смешанные делители напряжения	88
6.5. Делители напряжения с линиями в качестве ступеней	91
7. ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ	98
7.1. Шунты	98
7.2. Пояса Роговского	104
8. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ (ЧАСТЬ I)	113
8.1. Измерение тока пучка цилиндром Фарадея	113
8.2. Измерение тока пучка шунтами и поясами Роговского	118

8.3. Калориметрический метод	120
8.4. Измерение энергетических характеристик пучка	123
9. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ (ЧАСТЬ II)	128
9.1. Измерение энергетического спектра пучка заряженных частиц	128
9.2. Измерение профиля и размеров пучка заряженных частиц	131
9.3. Измерение поперечной скорости электронов	137
10. АНТЕННЫЕ И ВОЛНОВОДНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ	145
11. РЕГИСТРАЦИЯ СВЧ-СИГНАЛОВ И ДЕТЕКТОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ	161
12. ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСОВ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ	174
12.1. Широкополосные «сухие» калориметры	174
12.2. Узкополосные «сухие» калориметры	183
12.3. Широкополосный жидкостный вакуумный калориметр	186
12.4. Широкополосный жидкостный апертурный калориметр	189
13. ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЩНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ	195
13.1. Метод отсечки	195
13.2. Дисперсионная линия	200
13.3. Резонансный метод	202
13.4. Гетеродинный метод	206
14. ДРУГИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОЩНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ	213
14.1. Измерение мощности импульсов СВЧ-излучения	213
14.1.1. Ответвители	213
14.1.2. СВЧ-разряд в газе	220
14.2. Визуализация волнового поля	223
14.3. Исследование когерентности мощных СВЧ-импульсов	223
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	230