

УДК 004.71(075.8)

ББК 32.968я73

А62

Рецензенты:

кафедра общепрофессиональных дисциплин Уральского технического института связи и информатики (филиал) Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (зам. зав. кафедрой канд. техн. наук, доц. **Н. В. Будылдина**); д-р техн. наук, проф. **Т. В. Чирков** (ООО «Прософт-Системы»)

Под общей редакцией проф. **А. В. Блохина**

Аминев, А. В.

А62 Измерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Аминев, А. В. Блохин. — 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 224 с.

ISBN 978-5-9765-3620-3 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1317-4 (Изд-во Урал. ун-та)

Излагаются основные сведения о современных методах и средствах измерений параметров телекоммуникационных систем. Наряду с традиционными электрорадиоизмерениями, такими как измерения тока, напряжения, мощности, частоты, фазового сдвига, радиопомех, спектров сигналов, параметров элементов электрических цепей, рассматриваются средства измерений, предназначенные для обслуживания и эксплуатации только телекоммуникационных систем.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». Будет полезным для других направлений подготовки и специальностей, таких как «Радиотехника», «Радиоэлектронные системы», «Средства связи с подвижными объектами», «Сети связи и системы коммутации».

Библиогр.: 11 назв. Табл. 6. Рис. 125.

УДК 004.71(075.8)

ББК 32.968я73

ISBN 978-5-9765-3620-3 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1317-4 (Изд-во Урал. ун-та)

© Уральский федеральный университет, 2015

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	5
Глава 1	
Стандартные узлы средств измерения	7
1.1. Масштабные измерительные преобразователи	7
1.2. Преобразователи мгновенных значений напряжений и токов.....	16
1.3. Генераторы электрических сигналов.....	24
1.4. Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи	29
1.5. Микропроцессоры и микроЭВМ.....	39
1.6. Коды и системы счисления.....	43
1.7. Аналоговые и цифровые индикаторы	45
Глава 2	
Исследование формы электрических сигналов	50
2.1. Электронно-лучевая трубка.....	51
2.2. Матричные индикаторные панели.....	53
2.3. Универсальные осциллографы	55
2.3.1. Структурная схема универсальных осциллографов	55
2.3.2. Виды разверток в универсальных осциллографах	61
2.4. Скоростные и стробоскопические осциллографы.....	64
2.5. Цифровые осциллографы	66
2.6. Техника осциллографических измерений.....	69
2.6.1. Измерение амплитудных и временных параметров сигнала.....	69
2.6.2. Измерение параметров импульсных сигналов	71

Глава 3

Методы и средства формирования сигналов	73
3.1. Измерительные генераторы сигналов низкой частоты ...	74
3.2. Измерительные генераторы сигналов высокой частоты .	78
3.3. Измерительные генераторы сигналов сверхвысокой частоты.....	79
3.4. Измерительные генераторы шумовых сигналов	81
3.5. Измерительные генераторы импульсных сигналов	84
3.6. Синтезаторы частот	86

Глава 4

Исследование сигналов в частотной и временной областях	89
4.1. Общие сведения	89
4.2. Цифровые методы измерения частоты и времени.....	91
4.2.1. Цифровой частотомер	91
4.2.2. Цифровой измеритель периода сигнала	94
4.3. Методы сравнения частот	97
4.3.1. Осциллографический метод сравнения частот	97
4.3.2. Гетеродинный метод сравнения частот	98
4.3.3. Резонансный метод сравнения частот	100
4.4. Измерение разности фаз	104
4.4.1. Компенсационный метод измерения разности фаз.....	105
4.4.2. Осциллографические методы измерения разности фаз.....	106
4.4.3. Метод преобразования разности фаз во временной интервал.....	109
4.4.4. Цифровые фазометры.....	112
4.4.5. Измерение группового времени запаздывания	114
4.5. Измерение фазового дрожания цифрового сигнала	115

Глава 5

Измерение напряжений и токов	120
5.1. Общие сведения	120
5.2. Влияние формы напряжения на показания вольтметра ...	122
5.3. Методы измерения напряжения и тока.....	126
5.3.1. Метод непосредственной оценки	127
5.3.2. Метод сравнения с мерой	129

5.4. Приборы для измерения напряжения и тока	131
5.4.1. Электромеханические вольтметры и амперметры	131
5.4.2. Аналоговые электронные вольтметры и амперметры	134
5.4.3. Цифровые электронные вольтметры	136
5.5. Специализированные электронные вольтметры	138
5.5.1. Селективные вольтметры	138
5.5.2. Импульсные вольтметры	139
5.5.3. Фазочувствительные вольтметры	141

Глава 6

Измерение энергетических параметров устройств ТКС

6.1. Общие сведения	143
6.2. Методы измерения мощности	147
6.2.1. Электромеханический метод	147
6.2.2. Метод амперметра и вольтметра	149
6.2.3. Метод перемножения	150
6.2.4. Калориметрический метод	152
6.2.5. Метод терморезистора	154
6.2.6. Термоэлектрический метод	156
6.2.7. Метод измерения проходящей мощности на основе использования направленных ответвителей	158
6.2.8. Метод измерения мощности, основанный на эффекте Холла	159
6.2.9. Пондеромоторный метод измерения проходящей мощности	160
6.3. Измерение шумовых параметров устройств ТКС	161
6.3.1. Шумовые параметры устройств ТКС	161
6.3.2. Измерение шумовых параметров методом двух отсчетов	164

Глава 7

Измерение параметров элементов электрических цепей

7.1. Общие сведения о параметрах элементов	168
7.2. Метод вольтметра-амперметра	169
7.2.1. Измерение активного сопротивления	169

7.2.2. Измерение емкости	171
7.2.3. Измерение индуктивности	172
7.3. Электронный омметр	173
7.4. Мостовые методы измерения параметров элементов	176
7.4.1. Уравновешенные мосты	176
7.4.2. Неуравновешенные мосты	181
7.5. Цифровые измерители параметров элементов электрических цепей.....	182
7.5.1. Метод дискретного счета.....	182
7.5.2. Метод уравнивающего преобразования.....	184
7.6. Резонансный метод измерения параметров конденсаторов и катушек индуктивностей.....	186

Глава 8

Измерение уровней передачи,

рабочего затухания и рабочего усиления	188
8.1. Общие сведения	188
8.2. Измерение рабочего затухания четырехполюсников	192
8.2.1. Измерение разности уровней с использованием известного генератора.....	194
8.2.2. Измерение методом разности уровней с использованием схемы Z	195
8.2.3. Измерение методом сравнения с использованием известного генератора.....	196
8.2.4. Измерение методом сравнения с использованием схемы Z	198
8.3. Особенности измерения рабочего усиления четырёхполюсников.....	199

Глава 9

Измерения в волоконно-оптических линиях связи.....

9.1. Средства измерений, используемые при проведении измерений в ВОЛС.....	202
9.1.1. Оптические измерители мощности	203
9.1.2. Стабилизированные источники оптического сигнала	205
9.1.3. Перестраиваемые оптические аттенюаторы.....	208

9.1.4. Анализаторы затухания в оптическом кабеле.....	208
9.1.5. Оптические рефлектометры	209
9.1.6. Визуальные дефектоскопы	211
9.2. Измерение коэффициента затухания оптической линии	212
9.3. Определение неоднородностей оптической линии	213
9.4. Измерение хроматической дисперсии оптического волокна.....	215
9.5. Измерение поляризационной модовой дисперсии оптического волокна.....	216
Библиографический список.....	218