

УДК 006.91(035)

ББК 30.10я2

Б79

**Болтон У.**

**Б79** Карманный справочник инженера-метролога / Пер. с англ. — 3-е изд., стер. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 384 с.: ил. — (Серия «Карманный справочник»).

ISBN 978-5-97060-616-2

Предлагаемый вниманию читателей справочник очень популярен в Великобритании. Его автору удалось собрать и компактно объединить под одной обложкой огромное количество информации. Здесь кратко рассмотрены практически все аспекты теории и практики современной радиосвязи — от распространения электромагнитных волн до спецификаций радиотехнического оборудования. Описаны даже способы шифрования и передачи конфиденциальной информации. Не остались без внимания и вопросы формирования, обработки и передачи сигналов в таких современных видах связи, как мобильная радиосвязь, спутниковая и транкинговая связь, беспроводная телефония.

Кроме последовательного систематического изложения вопросов радиосвязи книга содержит много разнообразной информации справочного характера. Кажется, что здесь есть все — от международного кода «Q» и азбуки Морзе до формул и таблиц для расчетов радиотехнических цепей и сведений о кодировке электронных компонентов.

Поистине, это находка для радиоинженеров и студентов радиотехнических и смежных специальностей. Более того, любой любознательный человек найдет здесь много интересного.

УДК 621.391(035)

ББК 32.84я2

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

Книга «Карманный справочник инженера-метролога» Уильяма Болтона подготовлена и издана по договору с Elsevier Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, OX5 1GB, England.

ISBN 978-07506-5227-8 (англ.)

© Reed Educational & Professional  
Publishing Ltd

ISBN 978-5-97060-616-2 (рус.)

© Макет, Додэка-XXI

© Издание, ДМК Пресс, 2018

# Содержание

<b>Предисловие</b>	11
<b>Часть первая. СИСТЕМЫ</b>	13
<b>1. Измерительные системы</b>	14
Основные части измерительной системы	14
Передаточная функция системы	15
Программируемые приборы	16
Калибровка	16
<b>2. Терминология</b>	19
<b>3. Погрешности</b>	25
Источники погрешностей	25
Разброс результатов	26
Вероятная погрешность	27
Допустимая погрешность	28
Суммирование погрешностей	28
Точность системы	29
<b>4. Динамические характеристики</b>	31
Статические и динамические характеристики	31
Приборы нулевого порядка	31
Приборы первого порядка	31
Теплопередача	32
Приборы второго порядка	33
Пружинные системы с демпфированием	34
Оператор дифференцирования (D-оператор)	35
D-оператор и система первого порядка	37
D-оператор и система второго порядка	37
Преобразование Лапласа	38
Преобразование Лапласа для системы первого порядка	41
Преобразование Лапласа для системы второго порядка	42
Передаточная функция системы	43
<b>5. Погрешность, вносимая измерительной системой</b>	44
Происхождение вносимой погрешности	44
Электрические измерения	44
Погрешность, вносимая вольтметром	45
Погрешность, вносимая потенциометром	45
Погрешность, вносимая мостом Уитстона	47

Погрешность, вносимая элементами измерительной системы .....	48
<b>6. Помехи .....</b>	<b>50</b>
Виды помех .....	50
Виды интерференции .....	50
Уменьшение интерференции .....	51
Взаимные помехи .....	52
Случайные шумовые помехи .....	52
Подавление случайных шумовых помех .....	53
Отношение сигнал/шум .....	53
Коэффициент усиления шума .....	54
Осреднение .....	54
<b>7. Надежность .....</b>	<b>55</b>
Надежность и ненадежность .....	55
Отказ .....	55
Работоспособность .....	57
Интенсивность отказов и долговечность .....	57
Экспоненциальный закон надежности .....	58
Надежность системы .....	59
Резервирование .....	60
<b>Часть вторая. КОМПОНЕНТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>61</b>
<b>8. Датчики .....</b>	<b>62</b>
Датчики сопротивления .....	63
Емкостные датчики .....	69
Индуктивные датчики .....	71
Термоэлектрические датчики .....	79
Пьезоэлектрические датчики .....	83
Фотоэлектрические датчики .....	85
Электрохимические датчики .....	87
Датчики упругости .....	88
Пневматические датчики .....	91
Дифференциальные датчики давления .....	92
Механические датчики .....	93
Вибрационные датчики .....	97
<b>9. Преобразователи сигналов .....</b>	<b>98</b>
Мосты Уитстона постоянного тока .....	99
Мосты переменного тока .....	103
Потенциометрические мосты .....	109

Усилители .....	111
Линеаризация сигналов .....	118
Масштабирование тока и напряжения .....	119
Ослабление .....	123
Фильтрация .....	125
Модуляция .....	128
Аналого-цифровое преобразование .....	129
<b>10. Устройства отображения .....</b>	<b>136</b>
Измерители .....	137
Регистраторы с прямой записью .....	139
Гальванометрические регистраторы .....	140
Регистраторы со следящей системой .....	147
Электронно-лучевые трубки .....	149
Алфавитно-цифровые дисплеи .....	157
Печатающие устройства .....	159
Записывающие устройства на магнитной ленте .....	160
<b>Часть третья. ИЗМЕРЕНИЯ .....</b>	<b>165</b>
<b>11. Химический состав .....</b>	<b>166</b>
Хроматография .....	166
Электрохимический анализ .....	172
Спектроскопия .....	176
Масс-спектрометрия .....	182
Методы термического анализа .....	183
<b>12. Плотность .....</b>	<b>185</b>
Весовые методы .....	185
Методы плавучести .....	186
Методы по измерению давления .....	187
Вибрационные методы .....	189
Радиационные методы .....	191
<b>13. Перемещения .....</b>	<b>192</b>
Механические измерения линейных перемещений .....	192
Пневматические измерители линейных перемещений .....	196
Электрические измерения линейных перемещений .....	197
Оптические измерения линейных перемещений .....	199

Электрические измерения угловых перемещений .....	202
Датчики положения оси .....	203
Оптические измерения угловых перемещений .....	204
<b>14. Электрические величины .....</b>	<b>206</b>
Магнитоэлектрические измерители .....	209
Электронные измерители .....	214
Ферродинамический измеритель .....	217
Термопарные измерители .....	219
Электродинамический измеритель .....	220
Электронный ваттметр .....	224
Электросчетчики ватт-часов .....	225
Электростатические измерители .....	226
Цифровые вольтметры .....	227
Мосты постоянного тока .....	230
Мосты переменного тока .....	232
Потенциометрические мосты .....	233
Трансформаторные мосты .....	234
Q-метр .....	236
Измерение частоты .....	240
<b>15. Поток .....</b>	<b>242</b>
Расходомеры по перепаду давления .....	245
Механические расходомеры .....	251
Расходомеры вытеснительного типа .....	253
Магнитогидродинамические расходомеры .....	259
Ультразвуковые расходомеры .....	260
Колебательные расходомеры .....	263
Прямые измерения массовых расходов .....	266
Косвенные методы определения массового расхода .....	268
Измерение мгновенной скорости потока по перепаду давления .....	268
Термические методы измерения мгновенной скорости потока .....	270
Тарировка расходомеров любых типов .....	271
<b>16. Сила .....</b>	<b>272</b>
Рычажные методы взвешивания .....	272
Компенсационные методы .....	274

Методы измерения сил, использующие элементы упругости .....	274
Методы измерения сил по давлению .....	277
<b>17. Уровень .....</b>	<b>278</b>
Визуальные методы .....	279
Поплавковые методы .....	280
Датчики по перемещению .....	283
Методы по давлению .....	284
Весовые методы .....	286
Электрические методы .....	287
Ультразвуковые методы .....	289
Радиационные методы .....	290
Термические методы .....	291
<b>18. Давление .....</b>	<b>292</b>
Измерители давления по высоте столба жидкости .....	293
Диафрагмы .....	299
Капсулы и сильфоны .....	302
Трубки Бурдона .....	303
Струнно-вибрационные датчики давления .....	305
Пьезоэлектрические датчики давления .....	306
Тарировка датчиков давления .....	306
<b>19. Излучение .....</b>	<b>307</b>
Газовые детекторы .....	307
Сцинтилляционные счетчики .....	310
Фоторегистрация излучения .....	311
Термолюминесцентные датчики .....	312
<b>20. Напряжение и деформация .....</b>	<b>313</b>
Экстензометры (измерители расширения) .....	313
Тензометры .....	315
Измерение деформаций на полной поверхности .....	318
Измерение напряженных состояний методом фотоупругости .....	318
<b>21. Температура .....</b>	<b>320</b>
Термометры, использующие эффект расширения материалов .....	321
Резистивные термометры .....	325
Термометры, использующие термоэлектрический эффект .....	326
Пирометры .....	327

<b>22. Вакуум</b> .....	332
Измерители, основанные на законе Бойля—Мариотта .....	332
Измерители давления по теплопроводности .....	334
Ионизационные измерители .....	335

#### Часть четвертая. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ

<b>СИСТЕМЫ</b> .....	339
<b>23. Микропроцессоры в приборах</b> .....	340
Программируемые приборы .....	340
Основные элементы микропроцессорных систем .....	342
Микропроцессор .....	344
Микроконтроллеры .....	346
Основные элементы приборов на основе микропроцессоров .....	346
Системы сбора данных .....	348
Плата УСД .....	349
Программирование микропроцессора .....	350
Устройство регистрации данных .....	351
<b>24. Интерфейсы</b> .....	352
Стандартный интерфейс .....	352
Интерфейсы для приборов общего назначения .....	352
Параллельный интерфейс Centronics .....	357
Последовательная передача данных .....	359
Интерфейс I <sup>2</sup> C .....	361
Интерфейсы периферийных устройств .....	363
Электрическая развязка .....	363
Согласование по питанию .....	365
Буферные устройства для согласования сигналов .....	366
Подключение дисплеев на светоизлучающих диодах .....	367
Программируемые интерфейсы .....	369
Универсальные асинхронные приемники/передатчики (приемопередатчики) .....	370
Входные и выходные интерфейсы микроконтроллеров .....	370
<b>Предметный указатель</b> .....	371