

В. Ю. Шишмарёв, В. И. Шанин

ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

3-е издание, исправленное и дополненное

Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническому направлению



Курс с практическими заданиями и дополнительными материалами доступен на образовательной платформе «Юрайт», а также в мобильном приложении «Юрайт.Библиотека»

НАБУКОВАЯ БІБЛІЯТЭКА
Беларускага нацыянальнага
тэхнічнага ўніверсітэта
Інв. № 1913272-

276

Москва • Юрайт • 2025

Оглавление

Предисловие	9
Введение.....	10

Раздел I ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Глава 1. Физические величины, методы и средства измерений	15
1.1. Физические величины как объект измерений	15
1.2. Международная система единиц физических величин	16
1.3. Основные понятия об измерениях	18
1.4. Виды средств измерений.....	20
1.5. Эталоны единиц физических величин	22
1.6. Эталоны единиц системы СИ.....	25
1.7. Российская система калибровки.....	27
1.8. Методы поверки и калибровки, поверочные схемы	29
1.9. Основные методы измерений.....	32
1.10. Классификация и показатели измерительных приборов.....	34
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>36</i>
Глава 2. Метрологические показатели измерений	37
2.1. Основные термины и определения.....	37
2.2. Причины возникновения и способы исключения систематических погрешностей	40
2.3. Оценка случайных погрешностей	42
2.4. Погрешности средств измерений	46
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>52</i>

Раздел II ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Глава 3. Преобразователи электрических величин в перемещение.....	55
3.1. Общие сведения об измерительных механизмах.....	55
3.2. Магнитоэлектрические измерительные механизмы	58
3.3. Ферродинамические измерительные механизмы.....	61
3.4. Электродинамические измерительные механизмы	64
3.5. Электромагнитные измерительные механизмы.....	67
3.6. Электростатические измерительные механизмы	69

3.7. Индукционные измерительные механизмы.....	71
3.8. Измерительные механизмы логометров.....	74
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>75</i>

Глава 4. Преобразователи электрических величин

в электрические.....	76
4.1. Основные сведения.....	76
4.2. Шунты.....	76
4.3. Добавочные резисторы и добавочные конденсаторы. Делители напряжения (на резисторах и емкостные).....	79
4.4. Измерительные трансформаторы.....	81
4.5. Разделительные и согласующие трансформаторы.....	84
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>85</i>

Глава 5. Преобразователи неэлектрических величин

в электрические.....	86
5.1. Основные сведения.....	86
5.2. Реостатные преобразователи.....	86
5.3. Индуктивные и индукционные преобразователи.....	87
5.4. Емкостные преобразователи.....	91
5.5. Тензорезисторы.....	92
5.6. Термометры электрического сопротивления.....	94
5.7. Термоэлектрические преобразователи.....	96
5.8. Пьезоэлектрические преобразователи.....	97
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>100</i>

Раздел III

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Глава 6. Методы электрических измерений..... 103

6.1. Классификация методов электрических измерений.....	103
6.2. Основные структурные схемы электрических измерительных приборов.....	104
6.3. Мостовые схемы.....	106
6.4. Оценка точности измерительных приборов непосредственной оценки.....	108
6.5. Оценка точности измерительных приборов, работающих по методу сравнения.....	110
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>111</i>

Глава 7. Измерение токов и напряжений..... 112

7.1. Единство и различие амперметров и вольтметров.....	112
7.2. Измерение постоянных токов и напряжений.....	113
7.3. Измерение действующих значений переменных токов и напряжений электромагнитными, электродинамическими, ферродинамическими и электростатическими приборами.....	114
7.4. Измерения средних и амплитудных значений переменного тока.....	116

7.5. Измерение малых токов и напряжений. Нулевые указатели	118
7.6. Электронные и цифровые вольтметры	119
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	125
Глава 8. Измерение сопротивлений	126
8.1. Измерение сопротивлений методом амперметра — вольтметра	126
8.2. Измерение сопротивлений омметрами	128
8.3. Измерение сопротивлений мостовыми методами	130
8.4. Измерение сопротивления изоляции. Определение места повреждения изоляции в кабелях	137
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	141
Глава 9. Измерение емкости и индуктивности	142
9.1. Мосты для измерения индуктивности	142
9.2. Мосты для измерения емкости	143
<i>Контрольные вопросы</i>	145
Глава 10. Измерение электрической мощности и энергии	146
10.1. Измерение мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока ваттметрами	146
10.2. Измерение энергии в цепях постоянного тока	149
10.3. Измерение активной энергии в цепях однофазного переменного тока	152
10.4. Измерение активной мощности и энергии в цепях трехфазного переменного тока	155
10.5. Измерение реактивной мощности и энергии	159
10.6. Измерение коэффициента мощности	161
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	163
Глава 11. Измерение частоты и интервалов времени	164
11.1. Основные сведения	164
11.2. Измерение частоты приборами непосредственной оценки при помощи частотомеров	167
11.3. Измерение частоты при помощи частотозависимых мостов	169
11.4. Резонансный метод измерения частоты	170
11.5. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора	172
11.6. Гетеродинный метод измерения частоты	173
11.7. Цифровой метод измерения частоты	176
11.8. Цифровой метод измерения интервалов времени	180
11.9. Автоматизация процессов измерения частоты и интервалов времени	184
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	186

Раздел IV

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Глава 12. Генераторы измерительных сигналов	191
12.1. Основные сведения	191
12.2. Генераторы синусоидальных колебаний	194

12.3. Цифровые измерительные генераторы низких частот	202
12.4. Генераторы шумовых сигналов	204
12.5. Импульсные генераторы	206
12.6. Стандарты частоты. Синтезаторы частоты	208
Контрольные вопросы	211
Глава 13. Анализ формы и параметров сигнала	212
13.1. Основные сведения	212
13.2. Структурная схема универсального осциллографа.....	213
13.3. Скоростные и стробоскопические осциллографы.....	228
13.4. Цифровые осциллографы.....	231
13.5. Методика получения осциллограмм непрерывных и импульсных сигналов	233
Контрольные вопросы и задания.....	238
Глава 14. Измерение фазы сигналов	239
14.1. Основные сведения	239
14.2. Осциллографический метод.....	240
14.3. Компенсационный метод.....	244
14.4. Метод преобразования фазового сдвига в импульсы тока	246
14.5. Метод дискретного счета	247
14.6. Фазометр на основе микропроцессорной системы.....	251
14.7. Методы измерения фазового сдвига с преобразованием частоты сигналов.....	253
Контрольные вопросы и задания.....	255
Глава 15. Анализ спектра сигналов. Измерение коэффициента нелинейных искажений.....	256
15.1. Основные сведения	256
15.2. Метод параллельного анализа	257
15.3. Метод последовательного анализа	259
15.4. Цифровой метод анализа	263
15.5. Анализаторы спектра на цифровых фильтрах.....	269
15.6. Измерение нелинейных искажений	272
Контрольные вопросы и задания.....	274
Глава 16. Измерение электрических параметров диодов, транзисторов и интегральных схем	275
16.1. Основные сведения	275
16.2. Измерение параметров полупроводниковых приборов	275
16.3. Измерение прямых токов через p — n -переходы диодов и транзисторов	277
16.4. Измерение обратных токов p — n -переходов диодов и транзисторов	278
16.5. Измерение статических параметров транзисторов	279
16.6. Измерение емкостей полупроводниковых приборов	282
16.7. Измерение импульсных параметров полупроводниковых диодов	283
16.8. Измерение импульсных параметров транзисторов	285

16.9. Измерение электрических параметров интегральных схем.....	287
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	297
Глава 17. Измерение амплитудно-частотных характеристик	298
17.1. Структурные схемы измерителей амплитудно-частотных характеристик	298
17.2. Основные узлы и устройства измерителей амплитудно-частотных характеристик	301
17.3. Измерение частот характерных точек амплитудно-частотных характеристик	307
17.4. Применение измерителей амплитудно-частотных характеристик...310	
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	314
Глава 18. Измерения в цепях с распределенными параметрами.....	315
18.1. Основные сведения	315
18.2. Измерение параметров линейных СВЧ-устройств.....	315
18.3. Измерение мощности СВЧ-колебаний	321
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	331
Глава 19. Автоматизация электрорадиоизмерений	332
19.1. Основные сведения	332
19.2. Микропроцессорные измерительные системы	333
19.3. Компьютерно-измерительные системы	335
19.4. Виртуальные приборы	337
<i>Контрольные вопросы</i>	340
Приложение	341
Список литературы	343
Новые издания по дисциплине «Электрорадиоизмерения» и смежным дисциплинам	345