



Эдуард Миронов

Методы и средства измерений

Монография

 **LAMBERT**
Academic Publishing

Эдуард Миронов

Методы и средства измерений

Монография

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum/Imprint (nur für Deutschland/only for Germany)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Coverbild: www.ingimage.com

Verlag: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Dudweiler Landstr. 99, 66123 Saarbrücken, Deutschland
Telefon +49 681 3720-310, Telefax +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Herstellung in Deutschland:
Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin
Books on Demand GmbH, Norderstedt
Reha GmbH, Saarbrücken
Amazon Distribution GmbH, Leipzig
ISBN: 978-3-8465-1292-0

Только для России и стран СНГ

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Dudweiler Landstr. 99, 66123 Saarbrücken, Germany
Телефон +49 681 3720-310, Факс +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Напечатано в России
ISBN: 978-3-8465-1292-0

АВТОРСКОЕ ПРАВО ©2011 принадлежат автору и LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG и лицензиарам
Все права защищены. Saarbrücken 2011

Оглавление

Введение	9
Основы метрологии	11
1.1. Краткий исторический обзор	11
1.2. Термины и определения	15
1.3. Задачи метрологии	20
1.4. Международная система единиц	24
1.4.1. Общие положения	24
1.4.2. Основные единицы	27
1.4.3. Производные единицы	30
1.4.4. Внесистемные единицы	32
1.4.5. Кратные и дольные единицы	37
1.4.6. Единицы количества информации	39
1.4.7. Достоинства Международной системы единиц	39
2. Основы теории погрешностей	41
2.1. Общие положения	41
2.2. Нормальный закон распределения	45
2.3. Распределение Стьюдента	47
2.4. Распределение χ^2	49
2.5. Классификация погрешностей	50
2.6. Количественные характеристики погрешностей	54
3. Характеристики средств измерений	57
3.1. Общие положения	57
3.2. Статические характеристики	58
3.3. Динамические характеристики	59
3.4. Универсальные характеристики	63
3.5. Характеристики погрешностей	65
3.6. Классы точности	66
4. Статические погрешности средств измерений	71
4.1. Общие положения	71
4.2. Выявление промахов	73

4.3. Систематические погрешности	77
4.4. Случайные погрешности	79
4.5. Суммарные погрешности	82
4.6. Правила округления	86
4.7. Пример расчета	87
5. Доверительные интервалы и погрешности погрешностей	93
5.1. Общие положения	93
5.2. Погрешность арифметического среднего	93
5.3. Погрешность систематической погрешности	95
5.4. Погрешность среднего квадратического отклонения	97
5.5. Необходимое число измерений	99
5.6. Пример расчета	104
6. Динамические погрешности средств измерений	108
6.1. Общие положения	108
6.2. Передаточные функции	110
6.3. Частотные характеристики	114
6.4. Пример расчета	116
7. Погрешности результатов измерений	123
7.1. Погрешности прямых многократных измерений	123
7.1.1. Порядок оценки	123
7.1.2. Пример расчёта	128
7.2. Погрешности прямых однократных измерений	132
7.2.1. Порядок оценки	132
7.2.2. Примеры расчёта	135
7.3. Погрешности косвенных измерений	140
7.3.1. Порядок оценки погрешностей классическим методом	140
7.3.2. Порядок оценки погрешностей по МИ 2083-90	144
7.3.3. Примеры расчёта	149
7.4. Неопределенности измерений	156
8. Измерения физических величин	164
8.1. Общие положения	164
8.2. Датчики	167

8.3. Измерительные схемы	170
8.4. Средства измерения электрических величин	171
9. Построение и применение датчиков	174
9.1. Общие положения	174
9.2. Классификация датчиков	176
9.3. Параметрические датчики	179
9.3.1. Реостатные датчики	179
9.3.2. Датчики контактного сопротивления	182
9.3.3. Тензорезисторные датчики	184
9.3.4. Фоторезисторные датчики	189
9.3.5. Терморезисторные датчики	192
9.3.6. Индуктивные датчики	196
9.3.7. Емкостные датчики	204
9.4. Генераторные датчики	208
9.4.1. Термоэлектрические датчики	208
9.4.2. Пьезоэлектрические датчики	216
9.4.3. Индукционные датчики	220
9.4.4. Датчики Холла	223
9.4.5. Трансформаторные датчики	226
9.5. Тенденции развития датчикоостроения	230
10. Динамика термочувствительных датчиков	234
10.1. Исходные данные	234
10.2. Скачкообразное изменение температуры	237
10.3. Линейное изменение температуры	242
11. Мостовые измерительные схемы	247
11.1. Общие положения	247
11.2. Основные соотношения при исследовании чувствительности	250
11.3. Основные соотношения при исследовании линейности	251
12. Неравновесные токовые мостовые измерительные схемы	253
12.1. Чувствительность токовых мостовых схем	253
12.1.1. Общие положения	253
12.1.2. Основные соотношения	256

12.1.3. Выводы и рекомендации	265
12.2. Линейность токовых мостовых схем	267
12.2.1. Общие положения	267
12.2.2. Основные соотношения	269
12.2.3. Выводы и рекомендации	280
13. Неравновесные потенциальные мостовые схемы	282
13.1. Чувствительность потенциальных мостовых схем	282
13.1.1. Общие положения	282
13.1.2. Основные соотношения	283
13.2. Линейность потенциальных мостовых схем	286
13.2.1. Общие положения	286
13.2.2. Основные соотношения	288
13.2.3. Выводы и рекомендации	300
14. Равновесные мостовые схемы	303
14.1. Общие положения	303
14.2. Датчик в первом плече	304
14.3. Датчик во втором плече	307
14.4. Датчик в третьем плече	309
14.5. Датчик в четвертом плече	312
14.6. Примеры расчета равновесных схем	314
15. Мостовые схемы переменного тока	318
15.1. Общие положения	318
15.2. Измерения параметров катушек индуктивности	325
15.3. Измерение параметров конденсаторов	330
15.4. Шестиплечие мостовые схемы	335
15.5. Трансформаторные мостовые схемы	336
15.6. Выводы и рекомендации	339
16. Примеры использования равновесных мостовых измерительных схем	341
16.1. Двух – и трёхпроводные схемы включения датчиков	341
16.2. Автоматические мостовые схемы	343
17. Аналоговые электромеханические приборы	346
17.1. Общие положения	346

17.2. Магнитоэлектрические приборы	347
17.3. Электромагнитные приборы	351
17.4. Электродинамические приборы	356
17.5. Электростатические приборы	360
17.6. Индукционные приборы	363
17.7. Логометры	367
18. Приборы сравнения	370
18.1. Общие положения	370
18.2. Компенсаторы постоянного тока с ручным управлением	370
18.3. Автоматические компенсаторы постоянного тока	374
18.4. Полярно-координатные компенсаторы переменного тока	377
18.5. Прямоугольно-координатные компенсаторы переменного тока	379
19. Аналоговые электронные приборы	382
19.1. Общие положения	382
19.2. Вольтметры средних значений	384
19.3. Вольтметры амплитудных значений	388
19.4. Конденсаторные частотомеры	393
19.5. Омметры	396
20. Цифровые измерительные приборы	401
20.1. Общие положения	401
20.2. Электромеханические цифровые приборы	403
20.3. Электронные цифровые приборы	406
20.3.1. Времяимпульсные вольтметры	406
20.3.2. Уравновешивающие вольтметры	409
20.3.3. Электронно-счетные частотомеры	412
20.3.4. Измерители временных интервалов	416
20.3.5. Измерители разности фаз	419
20.4. Мультиметры	422
21. Измерительно-компьютерные системы	424
22. Измерение электрических токов	429
22.1. Общие положения	429
22.2. Измерение постоянного тока	430

22.3. Измерение переменного тока	437
23. Измерение электрических напряжений	441
23.1. Общие положения	441
23.2. Измерение постоянного напряжения	444
23.3. Измерение переменного напряжения	448
24. Измерение электрических сопротивлений	455
24.1. Общие положения	455
24.2. Измерение малых сопротивлений	462
24.3. Измерение средних сопротивлений	469
24.4. Измерение больших сопротивлений	479
25. Измерение температуры	485
25.1. Общие положения	485
25.2. Термометры	491
25.3. Пирометры	502
Заключение	513
Приложение 1	516
Приложение 2	521
Приложение 3	524
Приложение 4	532
Продолжение прил. 4	533
Продолжение прил. 4	534
Приложение 5	536
Приложение 6	541
Приложение 7	544
Приложение 8	545
Приложение 9	548
Приложение 10	549
Приложение 11	551
Приложение 12	552
Приложение 13	554
Приложение 14	555
Приложение 15	556

Список литературы557