

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Підручник

Вінниця
ВНТУ
2012

УДК 389.001
ББК 32.85
О75

Автори:

В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко

Затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як підручник для студентів електроенергетичних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Лист № 1/11-6221 від 15.07.11 р.

Рецензенти:

Б. І. Стадник, доктор технічних наук, професор

М. В. Мислович, доктор технічних наук, професор

Ю. В. Куц, доктор технічних наук, професор

Основи метрології та електричних вимірювань : підручник /
О75 В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. –
Вінниця : ВНТУ, 2012. – 522 с.

ISBN 978-966-641-455-0

В підручнику наведено основні поняття метрології, сучасні підходи до оцінювання результатів вимірювань, метрологічної атестації засобів вимірювальної техніки, подано принципи побудови електромеханічних, електронних, цифрових і мікропроцесорних засобів вимірювань, інформаційно-вимірювальних систем, розглянуто засоби і способи вимірювання електричних, магнітних та неелектричних величин. Підручник відповідає навчальним програмам дисциплін «Основи метрології та електровимірювальна техніка», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Інформаційно-вимірювальні системи в електромеханіці», «Контрольно-вимірювальні системи в електроенергетиці» і призначений для студентів напряму підготовки 0507 «Електротехніка та електромеханіка».

УДК 389.001
ББК 32.85

ISBN 978-966-641-455-0

© В. Кухарчук, В. Кучерук, Є. Володарський, В. Грабко, 2012

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	9
Розділ 1	ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ.....	10
1.1	Фізична величина – основне поняття метрології.....	14
1.1.1	Систематизація фізичних величин.....	16
1.1.2	Основне рівняння вимірювання.....	17
1.2	Класифікація вимірювань.....	19
1.2.1	Значущість вимірювань.....	22
1.2.2	Алгоритм виконання вимірювальної процедури.....	22
1.2.3	Основні компоненти вимірювального експерименту.....	25
1.2.4	Умови вимірювання.....	26
1.3	Засоби вимірювальної техніки.....	28
1.3.1	Вимірювальні пристрої.....	29
1.3.2	Засоби вимірювання.....	35
1.4	Методи вимірювань.....	38
1.5	Похибки вимірювань.....	43
1.5.1	Класифікація похибок вимірювання.....	45
1.5.2	Систематичні похибки і методи їх вилучення.....	47
1.5.3	Випадкові похибки.....	52
1.5.4	Оцінювання випадкових похибок прямих вимірювань....	60
1.5.5	Методика оцінювання випадкових похибок опосередкованих вимірювань.....	63
1.6	Невизначеність вимірювань.....	68
1.6.1	Джерела та складові невизначеності.....	69
1.6.2	Розширена невизначеність.....	72
1.6.3	Приклад оцінювання невизначеності результатів прямих одноразових вимірювань.....	74
1.6.4	Послідовність оцінювання результату прямих багаторазових вимірювань.....	76
1.6.5	Приклад оцінювання активної і реактивної складової опору при наявності кореляції між вхідними величинами.....	78
1.6.6	Приклад оцінювання характеристик похибки та невизначеності вимірювань.....	80
1.7	Властивості засобів вимірювань.....	85
1.7.1	Статичні метрологічні характеристики.....	85
1.7.2	Похибки засобів вимірювань.....	88
1.7.3	Нормування похибок засобів вимірювань.....	90

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

1.7.4	Оцінювання статичних метрологічних характеристик.....	98
1.7.5	Динамічні метрологічні характеристики.....	100
1.7.6	Приклад оцінювання метрологічних характеристик.....	113
1.8	Повірка засобів вимірювань.....	117
1.9	Державна система забезпечення єдності вимірювань.....	120
1.9.1	Структура та функції метрологічної служби України.....	123
1.9.2	Міжнародні організації зі стандартизації.....	125
1.9.3	Міжнародна електротехнічна комісія.....	125
1.9.4	Міжнародна організація законодавчої метрології.....	126
Розділ 2	ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ...	127
2.1	Загальні відомості.....	127
2.2	Магнітоелектричні прилади.....	131
2.2.1	Магнітоелектричний вимірювальний перетворювач.....	131
2.2.2	Магнітоелектричні амперметри.....	134
2.2.3	Магнітоелектричні вольтметри.....	137
2.2.4	Магнітоелектричні гальванометри.....	139
2.2.5	Магнітоелектричні омметри.....	142
2.3	Електромагнітні прилади.....	145
2.3.1	Електромагнітний вимірювальний перетворювач.....	147
2.3.2	Електромагнітні амперметри і вольтметри.....	147
2.4	Електродинамічні прилади.....	150
2.4.1	Електродинамічний вимірювальний перетворювач.....	150
2.4.2	Амперметри, вольтметри і ватметри електродинамічної системи.....	152
2.4.3	Феродинамічний вимірювальний перетворювач.....	157
2.4.4	Електромеханічні частотоміри і фазометри.....	158
2.5	Електростатичні прилади.....	163
2.6	Вимірювальні трансформатори змінного струму і напруги.....	165
2.6.1	Вимірювальні трансформатори струму (ВТС).....	167
2.6.2	Вимірювальні трансформатори напруги (ВТН).....	170
2.7	Вимірювання потужності та електричної енергії.....	171
2.7.1	Вимірювання активної потужності в трифазних колах.....	172
2.7.2	Трифазні ватметри.....	177
2.7.3	Вимірювання реактивної потужності.....	178
2.7.4	Похибки вимірювання потужності, які вносяться вимірювальними трансформаторами.....	181
2.7.5	Вимірювання електричної енергії індукційним	

	лічильником.....	183
Розділ 3	ЕЛЕКТРОННІ АНАЛОГОВІ ПРИЛАДИ.....	189
3.1	Електронні вольтметри.....	189
3.1.1	Електронні вольтметри постійних напруг.....	189
3.1.2	Електронні вольтметри змінних напруг.....	191
3.1.3	Амплітудний (піковий) вольтметр.....	192
3.1.4	Вольтметр середніх квадратичних значень.....	194
3.1.5	Вольтметри середніх значень.....	197
3.2	Електронні частотоміри.....	200
3.2.1	Суть методу заряду і розряду конденсатора.....	200
3.2.2	Електронний конденсаторний частотомір.....	201
3.3	Електронні фазометри.....	202
3.3.1	Електронний фазометр часового перетворення.....	202
3.4	Мостові засоби вимірювань.....	205
3.4.1	Міст Уітстона. Загальна теорія мостових схем.....	205
3.4.2	Вимірювальні мости постійного струму.....	207
3.4.3	Вимірювальні мости змінного струму.....	211
3.4.4	Автоматичний міст постійного струму.....	216
3.5	Компенсаційні засоби вимірювань.....	218
3.5.1	Компенсатори постійного струму.....	218
3.5.2	Компенсатори змінного струму.....	222
3.6	Вимірювання електричної енергії електронними лічильниками.....	223
3.7	Електронний осцилограф.....	224
3.8	Світлопроменевий осцилограф.....	227
Розділ 4	ЦИФРОВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ.....	230
4.1	Квантування і дискретизація. Похибки цифрових вимірювальних приладів.....	230
4.2	Класифікація цифрових вимірювальних приладів.....	232
4.3	Цифрові частотоміри.....	233
4.3.1	Цифровий частотомір середніх значень.....	234
4.3.2	Цифровий періодомір (частотомір миттєвих значень).....	238
4.4	Цифрові фазометри.....	242
4.4.1	Цифровий фазометр миттєвих значень.....	243
4.4.2	Цифровий фазометр середніх значень.....	245
4.5	Цифровий вимірювач параметрів електричного кола.....	249
4.6	Цифрові вольтметри.....	255
4.6.1	Цифровий вольтметр часоімпульсного перетворення.....	256
4.6.2	Цифровий вольтметр послідовного наближення.....	259
4.6.3	Цифровий вольтметр слідкувального зрівноваження.....	263

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

4.6.4	Цифровий вольтметр порозрядного зрівноваження.....	266
4.7	Аналого-цифрові перетворювачі.....	273
4.7.1	АЦП двотактного інтегрування.....	273
4.7.2	Сигма-дельта АЦП.....	276
4.7.3	Параметри АЦП.....	280
4.7.4	Алгоритм взаємодії АЦП і числового перетворювача.....	284
Розділ 5	ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНИХ ВЕЛИЧИН.....	288
5.1	Вимірювальні перетворювачі магнітних величин.....	288
5.2	Вимірювання характеристик постійних магнітних полів.....	292
5.3	Вимірювання різниці магнітних потенціалів.....	294
5.4	Вимірювання характеристик постійних магнітних полів веберметром.....	296
5.5	Випробування феромагнітних матеріалів.....	299
5.5.1	Визначення статичних магнітних характеристик.....	299
5.5.2	Визначення динамічних магнітних характеристик.....	301
5.6	Сенсори струму і напруги на основі ефекту Холла.....	306
5.6.1	Сенсори струму компенсаційного типу.....	308
5.6.2	Методика розрахунку параметрів сенсора струму.....	310
5.6.3	Сенсори напруги компенсаційного типу.....	311
Розділ 6	ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН.....	314
6.1	Особливості вимірювання неелектричних величин.....	314
6.2	Узагальнена структурна схема.....	315
6.3	Параметричні вимірювальні перетворювачі.....	317
6.3.1	Резистивні перетворювачі.....	317
6.3.2	Ємнісні перетворювачі.....	326
6.3.3	Індуктивні перетворювачі.....	332
6.4	Генераторні вимірювальні перетворювачі.....	334
6.4.1	Індукційні перетворювачі.....	334
6.4.2	П'єзоелектричні перетворювачі.....	335
6.4.3	Електретні перетворювачі.....	336
6.4.4	Термоелектричні перетворювачі.....	337
6.4.5	Фотоелектричні перетворювачі.....	340
6.5	Принцип дії перетворювачів кутових переміщень.....	341
Розділ 7	МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ.....	346
7.1	Функції, що виконуються мікропроцесорами у вимірювальних системах.....	349
7.2	Архітектура мікропроцесорної системи.....	354
7.3	Покращення метрологічних характеристик.....	356

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

7.4	Процесорні похибки вимірювань.....	359
7.5	Характеристика мікроконтролерів фірми ATMEЛ.....	361
7.6	Мікропроцесорний частотомір.....	364
7.7	Мікропроцесорний фазометр.....	369
7.8	Мікропроцесорний вимірювач струму та напруги.....	372
7.9	Вимірювальний канал потужності.....	376
7.10	Мікропроцесорний вимірювач кутової швидкості.....	380
7.11	Мікропроцесорний вимірювач ковзання.....	384
7.12	Мікропроцесорний вимірювач моменту інерції і динамічного моменту.....	386
7.13	Мікропроцесорний вимірювач кутового положення.....	390
7.14	Вимірювання температури.....	394
7.14.1	Особливості вимірювання температури.....	396
7.14.2	Мікропроцесорний засіб вимірювання температури.....	397
7.15	Вимірювання вібрацій.....	400
Розділ 8	ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ.....	404
8.1	Загальна характеристика ІВС.....	404
8.1.1	Вимірювальний канал.....	405
8.2	Вимірювальна система.....	408
8.2.1	Різновиди вимірювальних систем.....	409
8.3	Стандартні інтерфейси.....	412
8.3.1	Послідовний (каскадний) системний інтерфейс (СІ-К)...	412
8.3.2	Радіальний системний інтерфейс.....	413
8.3.3	Магістральний системний інтерфейс.....	414
8.4	Передавання даних в системах.....	415
8.5	Інтерфейс загального користування.....	418
8.6	Стандартні інтерфейси, що використовуються у сучасній вимірювальній техніці.....	422
8.6.1	Системні шини для підключення інтерфейсних периферійних пристроїв.....	423
8.6.2	Стандартний інтерфейс паралельного передавання даних.....	429
8.6.3	Стандартний інтерфейс послідовного передавання даних (RS-232, RS-422, RS-423, RS-449).....	432
8.6.4	Приладова шина USB.....	435
8.6.5	Інтерфейси мережі.....	439
8.7	Системи автоматизованого контролю.....	443
8.7.1	Основи теорії технічного контролю.....	444
8.7.2	Структура систем контролю.....	449

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

8.7.3	Інформаційна модель процесу контролю.....	451
8.7.4	Показники якості об'єктів контролю.....	453
8.7.5	Основні принципи систем контролю.....	455
8.7.6	Визначення достовірності контролю.....	455
8.7.7	Визначення методичної складової достовірності контролю.....	457
8.7.8	Визначення інструментальної складової достовірності однопараметричного контролю.....	458
8.7.9	Визначення інструментальної складової достовірності багатопараметричного контролю.....	462
8.7.10	Вплив кількості контрольованих параметрів на інструментальну складову достовірності контролю.....	465
8.8	Приклади систем моніторингу, автоматизованого контролю і технічної діагностики.....	466
8.8.1	Приклад автоматизованої системи обліку електричної енергії.....	467
8.8.2	Приклад системи моніторингу вібрацій гідроагрегатів...	473
8.8.3	Приклад системи автоматизованого контролю температури обмоток збудження гідрогенераторів.....	479
8.9	Системи технічної діагностики.....	484
8.9.1	Методи тестового та функціонального діагностування...	485
8.9.2	Критерії та методи розробки алгоритмів діагностування.....	487
8.9.3	Інформаційний критерій пошуку 1-го несправного елемента.....	489
8.9.4	Організація процесів контролю і діагностування.....	491
8.9.5	Приклад системи технічної діагностики асинхронних машин.....	491
	ЛІТЕРАТУРА.....	499
	Додаток А.....	507
	Додаток Б.....	509
	Додаток В.....	510
	Додаток Г.....	511
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	512

Світлій пам'яті нашого друга і наукового керівника Володимира Олександровича Поджаренка присвячується

ВСТУП

Підручник написано відповідно до навчальних програм дисциплін «Основи метрології та електровимірювальна техніка», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Основи метрології та техніка електричних вимірювань», «Інформаційно-вимірювальні системи в електромеханіці», «Контрольно-вимірювальні системи в електроенергетиці», що їх вивчають студенти електромеханічних та електроенергетичних спеціальностей.

В підручнику розглядаються основи метрології, основи теорії електричних вимірювань, принципи побудови електромеханічних, електронних, цифрових, мікропроцесорних засобів і сучасних методів вимірювання електричних, магнітних та неелектричних величин. Прийнята структура і викладення матеріалу посібника відповідає меті і задачам цих дисциплін. Рівень викладеного матеріалу потребує попередніх знань студентами вищої математики, фізики та основ електротехніки в обсязі навчальних програм даних дисциплін.

Прискорений темп розвитку науки про вимірювання та вимірювальну техніку в останні десятиріччя зумовив появу нових термінів та понять, а також нових підходів до принципів побудови засобів вимірювання та контролю. Викладене нижче дозволяє зрозуміти подальший розвиток метрології – науки про вимірювання.

Частина розділів 1 та 8 написані д. т. н., професором Є. Т. Володарським, де розглядаються сучасні тенденції невизначеності вимірювань та методики її оцінювання, сучасні підходи до побудови та застосування ІВС в електроенергетиці та електромеханіці. Розділи 1 – 6 написані д. т. н., професором В. В. Кухарчуком, в них розглядаються основні поняття метрології, принципи побудови аналогових та цифрових вимірювальних приладів, генераторні і параметричні вимірювальні перетворювачі неелектричних величин, теорія побудови електромеханічних вимірювальних перетворювачів та засобів вимірювання електричних і магнітних величин. Розділи 7, 8 написано д. т. н., професором В. Ю. Кучеруком, в яких даються основи побудови мікропроцесорних вимірювальних систем, вимірювальних каналів електричних та неелектричних величин з мікропроцесорним керуванням, основні принципи побудови вимірювальних систем, систем технічного контролю та діагностики. Частина розділу 8, в якій розглядаються методи побудови систем технічного діагностування, написано д. т. н., професором В. В. Грабком.

Розділ 1 ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ

Метрологією (від грецьких *метрон* – міра і *логос* – учення) називають науку про вимірювання, методи й засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

Метрологія відрізняється від інших природничих наук тим, що її фундаментальні положення приймаються за угодами, а не диктуються об'єктивними закономірностями. Це підкреслює наявність так званої *законодавчої метрології* – частини метрології, що містить положення, правила, вимоги та норми, які регламентуються і контролюються державою для забезпечення єдності вимірювань.

Метрологія є *теоретичною основою* вимірювальної техніки, одного з основних факторів технічного прогресу в усіх галузях діяльності людини. Розвиток метрології полягає, в першу чергу, в удосконаленні теоретичних основ вимірювань, узагальненні практичного досвіду в галузі вимірювань і формуванні подальшого розвитку вимірювальної техніки.

Нормативною основою метрології є державні стандарти та інші документи державної системи забезпечення єдності вимірювань (ДСВ), відповідні нормативні документи Держстандарту України, методичні вказівки та рекомендації.

Організаційною основою метрології є метрологічна служба України.

Технічною основою метрології є: система державних еталонів одиниць фізичних величин, яка забезпечує їх відтворення з найвищою точністю; система робочих еталонів і зразкових засобів вимірювань, за допомогою яких здійснюється передача розмірів одиниць фізичних величин робочим засобам вимірювань; система стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів, що забезпечує відтворення одиниць фізичних величин, які характеризують склад і властивості речовин і матеріалів; система робочих засобів вимірювальної техніки, які використовуються під час розроблення, виробництва, випробувань і експлуатації продукції, наукових досліджень та інших видів діяльності.

Предметом метрології є отримання кількісної і якісної інформації про властивості об'єктів і процесів, встановлення й застосування наукових і організаційних основ, технічних засобів, правил і норм, необхідних для досягнення єдності і необхідної точності.

Методи метрології – це сукупність фізичних і математичних методів, що використовуються для отримання вимірювальної інформації. До них належать: методи вимірювання, відтворення величин заданого розміру, порівняння величин, вимірювальне перетворення, обробка ре-

зультатів спостережень, планування вимірювального експерименту.

Засоби метрології – різноманітні засоби вимірювань і контролю, які вдосконалюються й розвиваються на основі об'єктивних законів.

Таким чином, засоби метрології включають: сукупність засобів вимірювання й контролю; систему державних еталонів одиниць фізичних величин; систему передачі розмірів одиниць фізичних величин від еталонів усім засобам вимірювання за допомогою зразкових засобів перевірки; систему обов'язкової державної і відомчої повірки або метрологічної атестації засобів вимірювання; систему стандартних зразків складу і властивостей речовин, матеріалів.

Напрямки метрології. Розвиваючись швидкими темпами, метрологія ділиться на ряд самостійних розділів: теорія вимірювань; теорія похибок; інформаційна теорія вимірювань; теорія інформаційно-вимірювальних систем; статистичні вимірювання; вимірювання електричних величин; вимірювання магнітних величин; вимірювання неелектричних величин.

Вимірювальна техніка є одним із головних факторів технічного прогресу, і її рівень значною мірою визначає загальний рівень розвитку науки і техніки. Особлива роль належить електровимірювальній техніці, яка дозволяє використовувати новітні досягнення електротехніки, електроніки, обчислювальної техніки і автоматики для вирішення складних науково-технічних завдань.

Методи вимірювання електричних величин застосовуються також для вимірювання неелектричних і магнітних величин. Засоби вимірювання електричних величин застосовуються не тільки для отримання вимірювальної інформації, але і для здійснення контролю за станом параметрів різноманітних матеріальних об'єктів.

Однією з найважливіших характеристик вимірювань є точність, яка характеризує міру відповідності наукового знання про досліджувані об'єкти теорії, сформульованого з використанням кількісних відношень, що отримані в процесі вимірювального експерименту. Тому точність на кожному етапі розвитку науки і техніки є кінцевою.

Єдність вимірювань – це стан вимірювань, за яким їх результати подаються в узаконених одиницях, а похибки вимірювань відомі із заданою ймовірністю.

Прагнучи до пізнання світу та підвищення продуктивності праці, людина в процесі накопичення знань та досвіду розробляє методи пізнання – найбільш ефективні засоби одержання нових знань.

Вимірювальна інформація – одна із складових частин пізнання людиною матеріального світу за допомогою експериментальних методів пізнання. Експериментальна інформація безперервно вдосконалюється у

процесі покращення вимірювального експерименту. При цьому відбуваються постійне уточнення вимірювальної інформації, вивільнення її від супутніх похибок і наближення до абсолютної істини. В результаті аналізування отриманої вимірювальної інформації людина пізнає навколишнє середовище.

Методи експериментальної інформатики

До методів експериментальної інформатики відносять: сприйняття, порівняння, відтворення, спостереження, лічбу, контроль, вимірювання, розпізнавання образів, діагностику, ідентифікацію, випробування, експериментальні дослідження.

Сприйняття є відображення найпростіших характеристик довколишнього середовища органами почуттів людини або спеціальними технічними засобами (сенсорами, індикаторами) – сигналами, зручними для подальшого використання.

Порівняння – відображення подібності чи відмінності об'єктів логічним висновком.

Загальновідомою є теза «Все пізнається в порівнянні». І справді, методом установлюється насамперед те, що є спільним для ряду об'єктів та явищ і що надалі доцільно зробити предметом більш детального вивчення.

Відомо, що більшість матеріальних об'єктів виявляють себе одночасно у двох відношеннях, а саме еквівалентності і порядку. Відповідно, і порівняння об'єктів здійснюється за еквівалентністю та за інтенсивністю, тобто за розміром.

Відтворення у метрології є створення матеріальних об'єктів, що характеризуються фізичною величиною наперед заданого значення за допомогою спеціального технічного засобу, який називають мірою.

Відтворення матеріальних об'єктів із заданими довжиною, площею, об'ємом з'явилося задовго до вимірювань. Давньогрецька математика й геометрія ґрунтувались, як відомо, на цілих числах і звичайних дробах, а також сумірних відрізках, площах та об'ємах. Сумірним відрізком був відрізок, кратний меншому відрізкові – мірі. Операції «відмірювання», «відважування», тобто відтворення матеріальних об'єктів, що характеризуються фізичними величинами заданих розмірів, ще у глибокій давнині були найважливішими технологічними операціями у будівництві, торгівлі, землевпорядкуванні. У давній приказці «сім раз відмір та один раз відріж» йдеться про вимірювання, тобто відтворення фізичного об'єкта із заданим розміром конкретної властивості.

Спостереження – відображення властивості, залежності, стану або ситуації словесним чи графічним описом.

Спостереження є таким методом пізнання, який здійснюється за допомогою як органів почуття людини, так і спеціальних технічних за-

собів. Спостереження – складова частина всіх експериментальних методів пізнання. Як метод пізнання спостереження має задовольняти такі основні вимоги: планомірність, цілеспрямованість й систематичність.

Лічба – відображення кількісної властивості певної сукупності матеріальних якісно однорідних предметів числом.

Для здійснення лічби необхідно розрізнити кожен об'єкт із сукупності об'єктів. Лічба ґрунтується на понятті одиниці. У V ст. до нашої ери Евдокс (древньоримський математик та астроном) писав: «Одиниця – це те, згідно з чим кожна окрема річ зветься однією. Число – це множина, складена з одиниць».

Вимірювання – відображення вимірюваних величин їхніми значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів.

Вимірювання є комплексною інформаційною процедурою, що ґрунтується на використанні щонайменше двох методів пізнання: відтворення і порівняння.

Контроль – відображення відповідності між станом об'єкта і заданою нормою відповідним висновком (придатний, непридатний).

Підлягає контролю головним чином стан предметів виробництва та навколишнього середовища. В техніці переважає контроль фізичних величин та параметрів процесів. Контроль параметрів – відображення співвідношення між контрольованим параметром та нормою.

Ідентифікація – відображення залежності між величинами, що характеризують матеріальний об'єкт, математичною або логічною моделлю.

Ідентифікацію розпочинають із визначення типу моделі об'єкта, що відображає залежність між його параметрами, після чого визначають основні параметри моделі, ступінь, точність і вірогідність оцінки.

Діагностика – відображення загального стану об'єкта та причин цього стану діагнозом із зазначенням особливостей стану і локалізацією відхилень від норм.

Розпізнавання об'єктів – відображення даного об'єкта за сукупністю його властивостей одним із класів множини цих об'єктів.

Розпізнавання об'єктів проводиться шляхом сприйняття їхніх характеристик, порівняння й аналізу на основі попередньої класифікації даної множини об'єктів.

Випробування – відображення стану досліджуваного об'єкта під час дії на нього сукупності регламентованих факторів сертифікатом.

Експериментальні дослідження – відображення складного матеріального об'єкта або ситуації, що характеризується сукупністю взаємопов'язаних величин, системою відповідних моделей.

Важливе місце серед експериментальних методів пізнання займають вимірювання, за допомогою яких отримують необхідну кількісну та якісну інформацію. Наявність вимірювальної інформації про об'єкт дос-

лідження дає можливість більш ефективно використовувати усі інші експериментальні методи пізнання – від спостереження до експериментального дослідження.

Контрольні питання

1. Розкрийте поняття «метрологія».
2. Наведіть п'ять основних напрямків метрології.
3. Що є предметом метрології? Назвіть методи й засоби метрології.
4. Назвіть основні методи експериментальної інформатики.
5. Розкрийте поняття «вимірювання».
6. Розкрийте поняття «контроль».
7. Розкрийте поняття «діагностика».

1.1 Фізична величина – основне поняття метрології

Вихідним поняттям метрології є поняття про фізичну величину.

Фізична величина (ФВ) – це властивість, загальна в якісному відношенні у багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальна в кількісному відношенні у кожного з них.

ФВ – властивість явища чи тіла, яка може бути розрізнена якісно і визначена кількісно.

Формалізованим відображенням якісних відмінностей вимірюваних величин є їх *розмірність*, а кількісною характеристикою – їхній *розмір*. Отримання достовірної кількісної експериментальної інформації про розмір ФВ – це основний зміст вимірювання.

Значення (фізичної) величини – відображення фізичної величини у вигляді числового значення величини з позначенням її одиниці

$$A = \{A\}[A],$$

де $\{A\}$ – числове значення ФВ, тобто число, що дорівнює відношенню розміру вимірюваної величини до розміру одиниці цієї ФВ чи кратної одиниці; $[A]$ – позначення номера одиниці.

Наприклад: значення електричної напруги $U = 220 \text{ В}$, значення сили електричного струму $I = 10 \text{ А}$.

Існують **системи ФВ**, тобто сукупності взаємопов'язаних ФВ, в яких декілька величин беруть за незалежні, а інші визначають як залежні від них. ФВ, що входить до системи величин і взята за незалежну від інших величин цієї системи, є **основною ФВ**, а ФВ, що входить до системи величин та визначається через основні величини цієї системи, є **похідною ФВ**.

Розмірністю ФВ є вираз, що відображає її зв'язок з основними величинами системи величин:

основної ФВ – умовний символ ФВ у даній системі величин; *похі-*

дної ФВ – добуток розмірностей основних величин, піднесених до відповідних степенів.

Наприклад: розмірність швидкості V у системі величин L (довжина), M (маса), T (час) – $\dim V = LT^{-1}$.

Одиницею ФВ є величина певного розміру, прийнята за угодою для кількісного відображення однорідних із нею величин.

Основна одиниця – одиниця основної ФВ в певній системі величин.

Похідна одиниця – одиниця похідної ФВ в певній системі одиниць.

Позасистемна одиниця ФВ – одиниця величини, що не належить до даної системи одиниць.

Наприклад: **електронвольт (eV)** – позасистемна одиниця енергії відносно системи SI; **доба, година, хвилина** – позасистемні одиниці часу відносно системи SI.

У країнах світу загальноприйнята Міжнародна система одиниць ФВ (Systeme Internationale d'unites, SI), яка була прийнята XI Генеральною конференцією з мір та ваги (Conference Generale des Poids et Mesures, CGPM, ГКМВ) в 1960 році і уточнювалася на XII-XX ГКМВ.

Система складається з 7 основних і 2 додаткових одиниць, а також 113 похідних одиниць, в тому числі одиниць електричних і магнітних величин – 40.

Основні одиниці системи SI: **довжина** – метр (m); **маса** – кілограм (kg); **час** – секунда (s); **сила електричного струму** – ампер (A); **термодинамічна температура** – кельвін (K); **сила світла** – кандела (cd); **кількість речовини** – моль (моль), а додаткові одиниці: **плоский кут** – радіан (rad); **тілесний кут** – стерадіан (sr).

Основна одиниця електрики і магнетизму – **ампер**, що дорівнює силі незмінного струму, який при проходженні по двох паралельних прямолінійних провідниках безмежної довжини і мізерно малого кругового перерізу, розташованих на відстані 1 м один від іншого у вакуумі, викликав би на кожній ділянці провідника довжиною 1 м силу взаємодії, що дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

18 похідних одиниць SI ГКМВ мають спеціальні назви і 16 одиниць, які мають назви за прізвищами учених, в тому числі: **ват** ($Вт, W$), **вебер** ($Вб, Wb$), **вольт** ($В, V$), **генрі** ($Гн, H$), **герц** ($Гц, Hz$), **кулон** ($Кл, C$), **ом** ($Ом, \Omega$), **сименс** ($См, S$), **тесла** ($Тл, T$), **фарад** ($Ф, F$).

На практиці широко застосовуються кратні та частинні одиниці ФВ. **Кратна одиниця ФВ** – це одиниця величини, яка в ціле число разів більша за одиницю, від якої вона утворюється; **частинна одиниця** – одиниця, яка в ціле число разів менша за одиницю, від якої вона утворюється.

1.1.1 Систематизація фізичних величин

Розгляд фізичних величин в їх різних аспектах обмежимо лише тими ознаками, які викликають найбільший інтерес з точки зору отримання вимірювальної інформації (рис. 1.1).

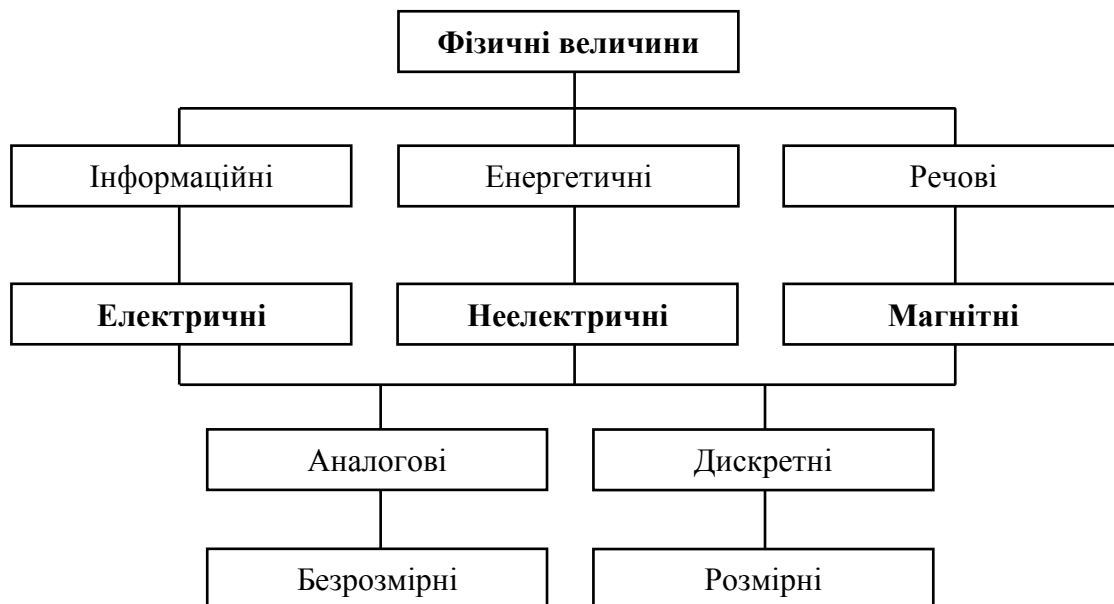


Рисунок 1.1

Основною ознакою систематизації є належність величин до однієї з трьох основних сторін явища – *речової, енергетичної та інформаційної*.

Вимірювання величин **речової** групи необхідне для вивчення фізичних і фізико-хімічних властивостей матеріалів, речовин і їх складу для управління технологічними процесами.

Вимірювання величин **енергетичної** групи необхідне для вивчення і управління процесами перетворення, передавання і використання енергії.

Величини **інформаційної** групи відображають динамічні та статичні характеристики процесів. Вимірювання даних величин необхідне для якісного і ефективного управління.

За родом величини всі фізичні величини поділяють на **електричні, неелектричні, магнітні**.

Відзначимо, що число електричних і магнітних ФВ, що підлягають вимірюванню, нині стабілізувалось і не перевищує 100. У той самий час число неелектричних ФВ, які вимірюються і які необхідно вимірювати, з кожним роком зростає і на початок XXI ст. перевищило 4000. Це свідчить про пріоритетний розвиток аналітичного приладобудування, засобів технологічного контролю, засобів вимірювань і контролю навколи-

шнього середовища, а також засобів контролю речовин, матеріалів і виробів.

За числом значень, яких може набути вимірювана величина на скінченному проміжку часу чи простору, ФВ поділяються на **неперервні** (аналогові) й **дискретні**.

Аналоговою називають фізичну величину, яка на кінцевому часовому інтервалі в заданому діапазоні набуває нескінченної кількості значень.

Квантованою називають фізичну величину, що поділена на рівні за розміром частини – кванти.

Розрізняють неперервну за значенням і в часі ФВ, квантовану за значенням і неперервну в часі ФВ, неперервну за значенням і дискретизовану у часі ФВ, квантовану за значенням і дискретизовану у часі ФВ.

За наявністю розмірності розрізняють **розмірні (абсолютні) ФВ**, **безрозмірні (відносні) ФВ**.

Розмірна величина, в розмірності якої розмірність хоча б однієї з основних величин піднесена до степеня, що не дорівнює нулю.

Безрозмірна величина, в розмірності якої всі степені розмірностей основних величин дорівнюють нулю.

Контрольні питання

1. В чому суть основного поняття метрології – фізичної величини? Наведіть систематизацію ФВ.
2. Які ФВ відносять до інформаційних, енергетичних, речових?
3. На які три великі класи поділяють ФВ за її родом?
4. Наведіть приклади аналогових і дискретних ФВ.

1.1.2 Основне рівняння вимірювання

Відмінність ФВ, визначена різними властивостями явищ, відображає лише одну їх сторону – якісну. А поняття ФВ містить й іншу сторону – кількісну, що є індивідуальною для кожного об'єкта і оцінюваною числовим значенням величини. Останнє дає можливість порівнювати фізичні величини і виконувати над ними математичні операції.

Вимірювання фізичних величин є одним з найважливіших експериментальних методів пізнання, що ґрунтується на принципі відображення, в якому чітко розрізняється предмет відображення, в даному випадку ФВ певного розміру, і результат відображення, тобто значення ФВ.

Основною операцією, що дозволяє отримати результат вимірювання, є операція порівняння вимірюваної величини X та величини, прийнятої за зразок $[x]$. Відома аксіома Евдокса-Архімеда: «Якщо на прями́й

дано два відрізки $A < B$, то можна A повторити додатними стільки разів, щоб сума була більшою B »: $A + A + \dots + A = A \cdot (N + 1) > B$.

Якщо $A \cdot N < B, B \gg A$, то з цієї аксіоми отримуємо рівняння, що ґрунтоване на припущенні рівності всіх відрізків A , які підсумовуються всередині відрізка B :

$$N = \frac{B}{A}.$$

Прийнявши $X = B$, а $A = [x]$, отримуємо

$$N = \frac{X}{[x]}.$$

Останнє співвідношення, подане у вигляді

$$X = N \cdot [x],$$

називають **основним рівнянням вимірювання**.

Таким чином, для реалізації вимірювання у найтривіальнішому випадку необхідно виконати дві операції: операцію відтворення зразкової величини $[x]$; операцію порівняння вимірюваної X і зразкової $[x]$.

Кількісна оцінка вимірюваної величини має відповідати двом вимогам: внаслідок вимірювання потрібно отримати не просто число, а число іменоване, тобто в певних одиницях, загальноприйнятих для даної величини (наприклад, $I = 5 [A]$); результат вимірювання має містити оцінку точності отриманого значення вимірюваної величини ($I = 5 [A] \pm \Delta$).

Характерною рисою вимірювання є також те, що цей процес обов'язково передбачає той чи інший, простий чи складний фізичний експеримент. Кількісну інформацію про величину не можна отримати тільки теоретичними розрахунками. Якщо значення величини отримують розрахунком, то використані в цих випадках розрахункові формули обов'язково повинні містити значення інших величин, що визначаються експериментально.

Контрольні питання

1. Виведіть основне рівняння вимірювання.
2. Яка основна операція виконується під час вимірювання?
3. Без яких двох метрологічних операцій неможливе вимірювання?
4. Які дві вимоги висувають до результату вимірювання?
5. Що є характерною рисою вимірювання?
6. Аналізуючи аксіому Евдокса-Архімеда, поясніть механізм виникнення похибки вимірювання.
7. Яку сторону явища характеризують вимірювання: якісну чи кількісну?
8. Наведіть основне рівняння вимірювання для струму, напруги, частоти, потужності.

1.2 Класифікація вимірювань

Найбільш поширеними характеристиками матеріальних об'єктів та процесів є величини і залежності між ними. Якраз про них створюється інформація за допомогою засобів вимірювання. Вимірювання є дуже різноманітними і кількість їх різновидів зростає. Свідченням цього є динамічні вимірювання та сумісні вимірювання величин.

Для класифікації вимірювань необхідно встановити їх найбільш суттєві ознаки (рис. 1.2).

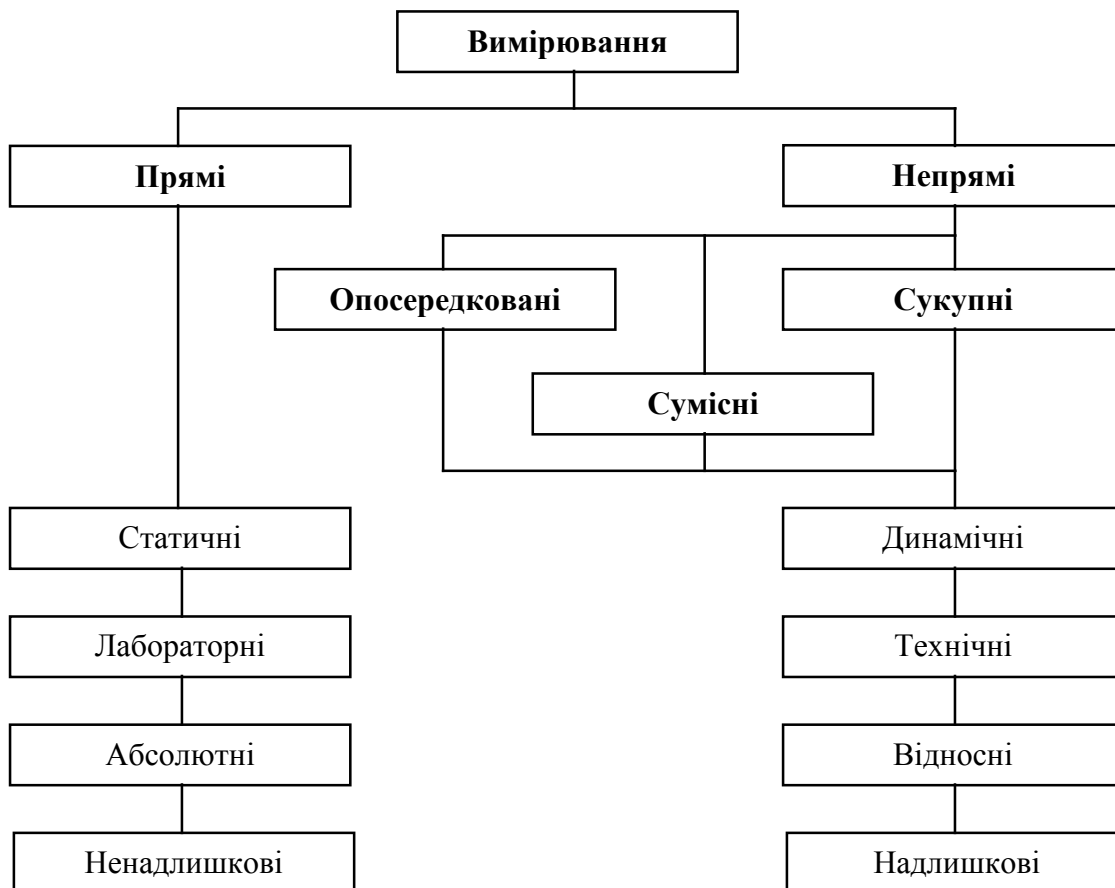


Рисунок 1.2

До найбільш суттєвих ознак різних вимірювань відносять:

- відсутність чи наявність в процедурі вимірювання перетворення роду вимірюваної величини та обчислення її значення за відомими залежностями;
- вид рівняння вимірювання;
- призначеність вимірювання для незмінних чи змінних в часі вимірюваних величин;
- особливості визначення похибок вимірювань;

- наявність чи відсутність розмірності у вимірюваної величини;
- співвідношення між кількістю вимірюваних величин та кількістю вимірювань.

За відсутністю чи наявністю в процедурі вимірювань перетворення роду вимірюваної ФВ та обчислення її значення за відомими залежностями вимірювання класифікують на прямі та непрямі.

Пряме вимірювання. Вимірювання однієї величини, значення якої знаходять безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих залежностей.

Для реалізації прямих вимірювань фізичної величини X необхідно мати пристрій порівняння а також багатозначну міру з відповідним діапазоном зміни значень чи однозначну міру та масштабний вимірювальний перетворювач. При всіх інших однакових умовах прямим вимірюванням притаманні мінімальні похибки.

Непряме вимірювання. Вимірювання, у якому значення однієї чи декількох вимірюваних величин знаходять після перетворення роду величини чи обчислення за відомими залежностями їх від декількох величин аргументів, що вимірюються прямо.

Непрямі вимірювання поділяються на опосередковані, сумісні та сукупні.

Опосередковане вимірювання. Непряме вимірювання однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленнями за результатами вимірювань інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана явною функціональною залежністю.

Характерним для опосередкованих вимірювань є функціональне вимірювальне перетворення, яке здійснюється або шляхом фізичного вимірювального перетворення, або шляхом числового вимірювального перетворення. Наприклад, при опосередкованих вимірюваннях потужності постійного струму її визначають чи на основі прямих вимірювань струму та напруги за формулою $P = U \cdot I$, чи на основі фізичного вимірювального перетворення добутку $U \cdot I$ в іншу фізичну величину. При автоматичних опосередкованих вимірюваннях прямі вимірювання входних величин аргументів та числові вимірювальні перетворення результатів їхніх вимірювань із метою знаходження значення опосередковано вимірюваної величини здійснюються автоматично всередині засобу вимірювання.

Сукупне вимірювання. Непряме вимірювання, в якому значення декількох одночасно вимірюваних однорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, що пов'язують різні сполучення цих величин, які вимірюються прямо чи опосередковано.

Метою сукупних вимірювань є знаходження шляхом числових вимірювальних перетворень значень декількох ФВ за неможливості їх-

ЛІТЕРАТУРА

1. Алиев Т. М. Измерительная техника : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Алиев Т. М., Тер-Хачатуров А. А. – Москва : Высшая школа, 1991. – 384 с.
2. Азизов А. М. Точность измерительных преобразователей / Азизов А. М., Гордов А. Н. – Ленинград : Энергия, 1975. – 254 с.
3. Атамалян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Атамалян Э. Г. – Москва : Высшая школа, 1989. – 375 с.
4. Аш Ж. Датчики измерительных систем / Аш Ж. – М. : Мир, 1992. – 424 с.
5. Бичківський Р. В. Основи метрологічного забезпечення: навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Бичківський Р. В., Зорій В. І., Столярчук П. Г. – Львів : Видавництво Львівського університету “Львівська політехніка”, 1999. – 180 с.
6. К. Блаттер Вэйвлет-анализ. Основы теории. / К. Блаттер. – Москва, 2004. – 280 с.
7. Богаенко И. Н. Контроль температуры электрических машин / Богаенко И. Н. – Київ : Техніка, 1970. – 187 с.
8. Брандт З. Статистические методы анализа наблюдений / Брандт З. – Москва : Мир, 1975. – 347 с.
9. Буравлев А. И. Управление техническим состоянием динамических систем / Буравлев А. И., Доценко Б. И., Козаков И. Е. – Москва : Машиностроение, 1995. – 240 с.
10. Бурдун Г. Д. Основы метрологии : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Бурдун Г. Д., Марков Б. Н. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 225 с.
11. Володарский Е. Т. Отличительные особенности некоторых экспериментальных процедур / Е. Т. Володарский, Л. А. Кошева // Український метрологічний журнал. – 2008. – № 3. – С. 28-35.
12. Володарський Є. Т. Статистична обробка даних : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Володарський Є. Т., Кошева Л. О. – Київ : НАУ, 2008. – 308 с.
13. Володарский Е. Т. Планирование и организация измерительного эксперимента : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Володарский Е. Т., Малиновский Б. Н., Туз Ю. М. – Киев : Выща школа, 1987. – 247 с.
14. Володарський Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] /

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

- Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. – Вінниця : ВДГУ, 2001. – 219 с.
15. Величко О. М. Всесвітня історія метрології: від давнини до кінця XIX століття / Величко О. М. – Київ : Основа, 2006. – 424 с.
 16. Винокуров В.И. Электрорадиоизмерения : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Винокуров В. И., Каплин С. И., Петелин И. Г. – Москва : Высш. шк., 1986. – 351 с.
 17. Гернет М. М. Определение моментов инерции / Гернет М. М., Ратобыльский В. Ф. – Москва : Машиностроение, 1985. – 248 с.
 18. Гитис Э. И. Аналого-цифровые преобразователи: учебн. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Гитис Э. И., Пискулов Е. А. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 360 с.
 19. Головка Д. Б. Основи метрології та вимірювань : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Головка Д. Б., Рего К. Г., Скрипник Ю. О. – Київ : Либідь, 2001. – 408 с.
 20. Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / Грановский В. А., Сирая Т. Н. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
 21. Грун К. Электротехнические измерительные приборы / Грун К. – Москва : Государственное техническое издательство, 1927. – 172 с.
 22. Демидова-Панферова Р. М. Задачи и примеры расчетов по электроизмерительной технике / Демидова-Панферова Р. М., Малиновский В. Н., Солодов Ю. С. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.
 23. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення : ДСТУ 2389-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 24 с.
 24. Метрологія. Терміни та визначення : ДСТУ 2681-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 68 с.
 25. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення: ДСТУ 3651.0-97. – [Чинний від 1999-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 9 с.
 26. Дунаев Б. Б. Точность измерений при контроле качества / Дунаев Б. Б. – Киев : Техника, 1981. – 151 с.
 27. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність. – К. : № 111/98-ВР, 11.02.1998 р.
 28. Евланов Л. Г. Контроль динамических систем / Евланов Л.Г. – Москва : Наука, 1979. – 431 с.
 29. Евтихийев Н. Н. Измерение электрических и неэлектрических величин : учебн. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] /

- Евтихийев Н. Н., Купершмидт Я. А., Папуловский В. Ф., Скугоров В. Н. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
30. Загрутдинов Г. М. Достоверность автоматизированного контроля сложных объектов / Г. М. Загрутдинов // Исследования по прикладной математике. – Казань. : Изд-во Казанского ун-та. – Вып. 11. – 1984. – № 1. – С. 110–168.
 31. Иванов Ю. П. Контроль и диагностика измерительно-вычислительных комплексов : учебн. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Иванов Ю. П., Никитин В. Г., Чернов В. Ю. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2004. – 98 с.
 32. Измерения в промышленности. Справочник / Под ред. П. Профоса. – Москва : Металлургия, 1980. – 580 с.
 33. Како Н. Датчики и микро-ЭВМ / Како Н., Яманэ Я. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1986. – 120 с.
 34. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления : пер. с англ. / Кенио Т. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 327 с.
 35. Кирианаки Н. В. Цифровые измерения частотно-временных параметров сигналов : учебн. пособие учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Кирианаки Н. В., Гайдучок Р. М. – Львів : Вища школа, 1978. – 168 с.
 36. Козловський А. В. Мікропроцесорні засоби вимірювального контролю пускового моменту : монографія / Козловський А. В., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 125 с.
 37. Кукуш В. Д. Электрорадиоизмерения : учебн. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Кукуш В. Д. – Москва : Радио и связь, 1985. – 368 с.
 38. Куликовский К. Л. Методы и средства измерений : учеб. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Куликовский К. Л., Купер В. Я. – Москва : Энергоатомиздат, 1966. – 452 с.
 39. Кучерук В. Ю. Аналіз та практична реалізація мікропроцесорного засобу вимірювання кутової швидкості обертання електричних машин / В. Ю. Кучерук, В. В. Кухарчук // Вісник ВПІ. – 1995. – № 2. – С. 12-16.
 40. Кучерук В. Ю. Элементы теории построения систем технического диагностирования электромоторов : монографія / Кучерук В. Ю. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 195 с.
 41. Кушнир В. Ф. Электрорадиоизмерения : учеб. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Кушнир В. Ф. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

42. Кухарчук В. В. Оцінка невизначеності вимірювального каналу кутових положень крокових двигунів / В. В. Кухарчук, В. В. Усов, С. Ш. Кацев // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – № 2. – 2008. – С. 66-70.
43. Кухарчук В. В. Вимірювання електричної енергії методом безпосереднього інтегрування та подвійного сканування миттєвих значень струму та напруги / В. В. Кухарчук, О. М. Заславський // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 1 (11) – С. 180-185.
44. Кухарчук В. В. Система автоматизованого діагностування та прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів / В. В. Кухарчук // Вісник Інженерної Академії України. – 2009. – № 2 – С. 126-132.
45. Кухарчук В. В. Експериментальне оцінювання вірогідності контролю кутових положень крокових двигунів / В. В. Кухарчук, В. В. Усов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 4. – С. 102-107.
46. Кухарчук В. В. Моменти інерції деформованого циліндра / В. В. Кухарчук, Ю. Г. Ведміцький // Вісник ВПІ. – 2010. – № 2 (89). – С. 25-34.
47. Кухарчук В. В. Метрологія та вимірювальна техніка : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Кухарчук В. В., Кучерук В. Ю, Долгополов В. П., Грумінська Л. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.
48. Кухарчук В. В. Елементи теорії контролю динамічних параметрів електричних машин: монографія / Кухарчук В. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998. – 125 с.
49. Кухарчук В. В. Спосіб апаратно-програмної реалізації вимірювання частоти періодичного сигналу / В. В. Кухарчук // Вісник ВПІ. – 1994. – № 3 (4). – С. 28-33.
50. Лебег Г. Об измерении величин / Лебег Г. – Москва : Учпедгиз, 1938. – 208 с.
51. Луцик Я. Т. Вимірювання температурні : теорія та практика / Луцик Я. Т., Гук О. П., Лах О. І., Стадник Б. І. – Львів : Бескид Біт, 2006. – 560 с.
52. Маликов М. Ф. Основы метрологии : учеб. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Маликов М. Ф. – Ч. I. – Москва : Изд-во по делам мер и измерительных приборов, 1949. – 573 с.
53. Бондаренко В. І. Методи і засоби вимірювання електричних величин у прикладах та задачах : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Бондаренко В. І., Давиденко О. П., Дякін В. І. – Київ : УМКВО, 1990. – 157 с.

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

54. Мирский Г. Я. Микропроцессоры в измерительных приборах / Мирский Г. Я. – Москва : Радио и связь, 1984. – 160 с.
55. Науман Г. Стандартные интерфейсы для измерительной техники / Науман Г., Майлинг В., Щербина А. – Москва : Мир, 1982. – 304 с.
56. Никитушкина М. Обзор датчиков Motorola / М. Никитушкина, С. Шихулин // CHIP NEWS Новости о микросхемах. – 1998. – № 6-7. – С. 12-14.
57. Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / Новицкий П. В., Зограф И. А. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
58. Обозовський С. С. Вимірювальні сигнали та кола : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Обозовський С. С. – Київ : ІСДО, 1993. – 256 с.
59. Обозовський С. С. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Обозовський С. С. – Київ : НМК ВО, 1991. – 223 с.
60. Окоси Т. Волоконно-оптические датчики / Окоси Т., Окамото К., Оцу М., Нисихара Х., Кюма К., Хататэ К. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
61. Орнатский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Орнатский П. П. – Киев : Выща школа, 1983. – 455 с.
62. Орнатський П. П. Вступ до методології науки про вимірювання: навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Орнатський П. П. – Київ : ІСДО, 1994. – 246 с.
63. Орнатский П. П. Автоматические измерения и приборы : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Орнатский П. П. – Киев : Выща школа, 1980. – 458 с.
64. Основы метрологии и электрические измерения : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / [Авдеев Б. Я., Антонюк Е. М., Душин Е. М. и др.]; под ред. Душина Е. М. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
65. Стадник Б. І. Основи метрології та вимірювальної техніки : в 2-х томах : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Стадник Б. І. та ін. – Т. 1 : Основи метрології – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2005. – 532 с.
66. Стадник Б.І. Основи метрології та вимірювальної техніки : в 2-х томах: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Стадник Б. І. – Т. 2 : Основи метрології – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2005. – 656 с.

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

67. Писаревский Э. А. Электрические измерения и приборы / Писаревский Э. А. – Москва : Энергия, 1970. – 432 с.
68. Поджаренко В. О. Вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Поджаренко В. О., Кухарчук В. В. – Київ : УМК ВО, 1991. – 240 с.
69. Поджаренко В. О. Метрологія та вимірювальна техніка. Лабораторний практикум : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Поджаренко В. О., Кухарчук В. В., Кулаков П. І., Кучерук В. Ю. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 115 с.
70. Подлепецкий Б. Интегральные полупроводниковые сенсоры: состояние и перспективы разработок / Б. Подлепецкий // СНІР NEWS Новости о микросхемах. – 1998. – № 5. – С. 38-45.
71. Полішко С. П. Точність засобів вимірювань : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Полішко С. П., Трубенко О. Д. – Київ : Вища школа, 1992. – 192 с.
72. Поліщук Є. С. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Яцук В. О., Ванько В. М., Бойко Т. Г. – Львів : Бескид-Біт, 2003. – 544 с.
73. Поліщук Є. С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Поліщук Є. С. – Львів : Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2000. – 360 с.
74. Циделко В. Д. Проектирование микропроцессорных измерительных приборов и систем / Циделко В. Д., Нагаец Н. В., Хохлов Ю. В. – Киев : Техніка, 1984. – 215 с.
75. Осадчий Е. П. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Осадчий Е. П., Тихонов А. И., Карпов В. И. – Москва : Машиностроение, 1979. – 480 с.
76. Потапов Л. А. Измерение вращающих моментов и скоростей вращения микроэлектродвигателей / Потапов Л. А., Юферов Ф. М. – Москва : Энергия, 1976. – 121 с.
77. Проненко В. И. Метрология в промышленности / Проненко В. И., Якирин Р. В. – Київ : Техніка, 1979. – 393 с.
78. Рабинович С. Г. Погрешности измерений / Рабинович С. Г. – Ленинград : Энергия, 1978. – 262 с.
79. Розенберг В. Я. Введение в теорию точности измерительных систем / Розенберг В. Я. – Москва : Советское радио, 1975. – 432 с.
80. Селиванов М. Н. Качество измерений. Метрологическая справочная книга / Селиванов М. Н., Фридман А. Е., Кудряшова Ж. Ф. – Ленинград : Лениздат, 1987. – 295 с.

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

81. Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности / Сена Л. А. – Москва : Наука, 1977. – 336 с.
82. Соболев В. И. Информационно-статистическая теория измерений / Соболев В. И. – Москва : Машиностроение, 1983. – 224 с.
83. Томпкинс У. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / Томпкинс У., Уэбстери Дж. – Москва : Мир, 1997. – 592 с.
84. Спектор С. А. Электрические измерения физических величин. Методы измерений / Спектор С. А. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.
85. Таланчук П. М. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Таланчук П. М., Скрипник Ю. О., Дібровний В. О. – Київ : Райдуга, 1994. – 672 с.
86. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок / Тейлор Дж. – Москва : Мир, 1985. – 272 с.
87. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование : учебн. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Цапенко М. П. – Москва : Электроатомиздат, 1985. – 440 с.
88. Ширман А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / Ширман А. Р., Соловьев А. Б. – Москва, 1996. – 276 с.
89. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Шишкин И. Ф. – Москва : Изд-во стандартов, 1991. – 471 с.
90. Шульц Ю. Электроизмерительная техника : 1000 понятий для практиков : справочник / Шульц Ю. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 288 с.
91. Фарзани Н. Г. Технологические измерения и приборы / Фарзани Н. Г., Илясов Л. В., Азим-Заде А. Ю. – Москва : Высшая школа, 1989. – 456 с.
92. Хоровиц П. Искусство схемотехники / Хоровиц П., Хилл У. – Москва : Мир, 1983. – 598 с.
93. Цветков Э. И. Процессорные измерительные средства / Цветков Э. И. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1989. – 224 с.
94. Малиновский В. Н. Электрические измерения : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Малиновский В. Н., Демидова-Панферова Р. Н., Евланов Ю. Н. – Москва : Энергоатомиздат, 1985. – 416 с.

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

95. Фремке А. В. Электрические измерения : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / [Байда Л. И., Добротворский Н. С., Душин Е. М. и др.]; под ред. Фремке А. В. – Ленинград : Энергия, 1980. – 357 с.
96. Новицкий П. В. Электрические измерения неэлектрических величин : учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Туричин А. М., Новицкий П. В., Левшина Е. С. – Москва : Энергоатомиздат, 1975. – 394 с.
97. Юкиш М. Й. Оптико-електронні засоби контролю параметрів обертального руху на основі методу просторової модуляції : монографія / Юкиш М. Й., Кухарчук В. В., Білинський Й. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 138 с.

Додаток А

Основні міжнародні документи з метрології Державні стандарти України та міждержавні стандарти

1 Документи (МД) та рекомендації (МР) Міжнародної організації законодавчої метрології (МОЗМ)

МОЗМ МД 1	Закон про метрологію
МОЗМ МД 2	Узаконені одиниці вимірювання
МОЗМ МД 3	Відповідність засобів вимірювання законодавчим вимогам
МОЗМ МД 5	Принципи створення повірочних схем для вимірювальних приладів
МОЗМ МД 9	Принципи метрологічного нагляду
МОЗМ МД 16	Принципи забезпечення метрологічного контролю
МОЗМ МР 34	Класи точності засобів вимірювань

2 Стандарти міжнародної організації зі стандартизації (ISO) та міжнародної електротехнічної комісії (IEC)

ISO 31/0: 1992	Величини та одиниці. Загальні принципи
ISO 31/2: 1992	Величини та одиниці. Періодичні та подібні їм явища
ISO 31/5: 1992	Величина та одиниці. Електрика та магнетизм
ISO 1000:1992	Одиниці SI і рекомендації щодо застосування кратних та частинних від них та деяких інших одиниць
IEC 50 : 1983	Міжнародний електротехнічний словник.
Глава 301.	Загальні вимоги до електричних вимірювань
Глава 302.	Електричні вимірювальні прилади
Глава 303.	Електронні вимірювальні прилади

3 Державні стандарти України (ДСТУ) та нормативні документи з метрології (КНД, Р)

ДСТУ 2681-94	Метрологія. Терміни та визначення
ДСТУ 2682-94	Метрологія. Метрологічне забезпечення. Основні положення
ДСТУ 3400-96	Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення і розгляду результатів
ДСТУ 2708-94	Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення
ДСТУ 3215-95	Метрологія. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення

ДСТУ 3231-95	Метрологія. Еталони одиниць фізичних величин. Основні положення, порядок розроблення, затвердження, реєстрації, зберігання та застосування
ДСТУ 2843-94 Р 50-060-95	Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення Метрологія. Типове положення про відомчі метрологічні служби
Р 50-062-95	Метрологія. Акредитація аналітичних, вимірювальних та випробувальних лабораторій

4 Міждержавні стандарти (ГОСТ) з метрології

ГОСТ 8.002-86	Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений. Основные положения.
ГОСТ 8.009-84	ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
ГОСТ 8.010-90	ГСИ. Методики выполнения измерений
ГОСТ 8.061-80	ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение
ГОСТ 8.207-76	ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения
ГОСТ 8.256-77	ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения
ГОСТ 8.395-80	ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования
ГОСТ 8.401-80	ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования

Додаток Б

Основні одиниці системи SI

ВЕЛИЧИНА				ОДИНИЦЯ	
Фізична величина	Символ	Розмірність	Назва	Позначення: українське, міжнародне	Позначення рекомендованих кратних та частинних одиниць: українське; міжнародне
1. Основні одиниці					
Довжина	l, L	L	метр	м; m	км, km; см, cm; мм, mm мкм, μm; нм, nm; пм, pm фм, fm
Маса	m	M	кілограм	кг; kg	Мг, Mg; г, g; мг, mg; мкг, μg
Час	t, T	T	секунда	с; s	кс, ks; мс, ms; мкс, μs; нс, ns
Сила електричного струму	I	I	ампер	А; A	кА, kA; mA, mA; мкА, μA; нА, nA
Термодинамічна температура	T, Θ	Θ	кельвін	К; K	МК, MK; кК, kK; мК, mK; мкК, μK
Сила світла	I _v	J	кандела	кд; cd	
Кількість речовини	N, ν	N	моль	моль; mol	кмоль, kmol; ммоль, mmol; мкмоль, μmol

Додаткові одиниці системи SI

ВЕЛИЧИНА				ОДИНИЦЯ	
Фізична величина	Символ	Розмірність	Назва	Позначення: українське, міжнародне	Позначення рекомендованих кратних та частинних одиниць: українське; міжнародне
2. Додаткові одиниці					
Площинний кут	φ	1	радіан	рад; rad	мрад, mrad; мкрад, μrad
Просторовий кут	Ω	1	стерадіан	ср; sr	

Додаток В
Похідні одиниці електричних і магнітних величин

ВЕЛИЧИНА				ОДИНИЦЯ	
Фізична величина	Символ	Розмірність	Назва	Позначення: українське, міжнародне	Позначення рекомендованих кратних та частинних одиниць: українське; міжнародне
3. Похідні одиниці електричних і магнітних величин					
Електричний заряд	Q	ТІ	кулон	Кл; С	кКл; кС; мкКл; μС нКл; нС; пКл; рС
Електричний потенціал Різниця потенціалів Напруга Електрорушійна сила	V, φ U (V) E	$\frac{L^2 M}{T^3 I^1}$	вольт	V; V	МВ; MV кВ; kV мВ; mV мкВ; μV
Електрична потужність	P	$\frac{L^2 M}{T^3}$	ват	Вт; W	МВт; MW; кВт; kW; мВт; mW; мкВт; μW
Повна потужність	S ₁ (P _s)	$\frac{L^2 M}{T^3}$	вольт-ампер	V·A; B·A	
Реактивна потужність	Q ₁ (P _Q)		вольт-ампер реактивний	- ; Var	
Активна потужність	P	$\frac{L^2 M}{T^3}$	ват	Вт; W	ТВт; TW; ГВт; GW; МВт; MW; кВт; kW; мВт; mW; мкВт; μW; нВт; nW
Активна електрична енергія, робота	W (W _P)	$\frac{L^2 M}{T^2}$	джоуль ват-година	Дж; J Вт·год; Wh	ТДж; TJ; ГДж; GJ; МДж; MJ; кДж; kJ кВт·год; kW·h
Електрична ємність	C	$\frac{L^2 M^{-1}}{T^4 I^2}$	фарад	Ф; F	мФ; mF; мкФ; μF; нФ; nF; пФ; pF
Індуктивність	L	$\frac{L M}{T^2 I^2}$	генрі	Гн; H	мГн; mH; мкГн; μH; нГн; nH; пГн; pH
Електричний опір	R	$\frac{L^2 M}{T^3 I^2}$	ом	Ом; Ω	Гом; GΩ; Мом; MΩ; кОм; kΩ; мОм; mΩ; мкОм; μΩ
Електрична провідність	G	$\frac{L^{-2} M^{-1}}{T^3 I^2}$	сіменс	См; S	кСм; kS; мСм; mS; мкСм; μS
Частота, колова частота	f, ν	T ⁻¹	герц секунда ⁻¹	Гц; Hz; с ⁻¹ ; s ⁻¹	ГГц; GHz; МГц; MHz; кГц; kHz

Додаток Г

Множники та префікси кратних і частинних величин

Множник	Префікс	Позначення:	
		Українське	Міжнародне
10^{24}	йота	Й	Y
10^{21}	зета	ЗТ	Z
10^{18}	екса	Е	E
10^{15}	пета	П	P
10^{12}	тера	Т	T
10^9	гіга	Г	G
10^6	мега	М	M
10^3	кіло	К	k
10	дека	дк	da
10^{-1}	деци	д	d
10^{-2}	санті	с	c
10^{-3}	мілі	м	m
10^{-6}	мікро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	піко	п	p
10^{-15}	фемто	ф	f
10^{-18}	ато	а	a
10^{-21}	зепто	зп	z
10^{-24}	йокто	й	y

**ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК –
SUBJECT INDEX**

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>C.</i>
A		
Алгоритм вимірювань	Measurement algorithm	23
Амперметр	Ammeter	
- електродинамічний	- electro-dynamic ammeter	152
- електромагнітний	- electromagnetic ammeter	147
- магнітоелектричний	- permanent-magnet ammeter	134
- феродинамічний	- ferro-dynamic ammeter	157
- мікропроцесорний	- microprocessor ammeter	372
B		
Ватметр	Wattmeter	
- електродинамічний	- electro-dynamic wattmeter	155
- цифровий	- digital wattmeter	255
- мікропроцесорний	- microprocessor wattmeter	376
Величина	Quantity	
- впливна	- influence quantity	98
- фізична	- physical quantity	14
- значення величини	- value of quantity	14
- істинне значення	- true value	43
- розмір величини	- magnitude of quantity	14
Вимірювання	Measurement	
- непряме	- indirect measurement	20
- опосередковане	- indirect measurement	20
- сукупне	- measurement with aggregate	20
- сумісне	- measurement with consistent	21
- пряме	- direct measurement	20
Вимірювання фізичних величин	Measurement of physical quantities	
- електричної енергії	- of electrical energy	183
- змінного струму	- of alternating energy	308
- постійного струму	- of direct current energy	372
- напруги	- of voltage	311, 372
- електричного опору	- of electrical resistance	249, 317
- ємності	- of capacitance	249
- індуктивності	- of inductance	332
- потужності	- of power	171, 376
- різниці фаз	- of phase-angle	202, 243,369
- температури	- of temperature	394
- частоти	- of frequency	200, 234, 364
- сил, деформацій	- of forces and deformations	400
- вібрацій	- of vibration	400
- моменту інерції	- of inertia moment	386
- динамічного моменту	- of dynamic moment	386
- ковзання	- of slip	384
- кута повороту	- angle of rotation	341
- кутової швидкості	- angular velocity	341

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>С.</i>
- кутового прискорення	- angular acceleration	341
- магнітних величин	- of magnetic quantities	288
- магнітної індукції	- of magnetic induction	288
- магнітного потоку	- of magnetic flow	292
- неелектричних величин	- of nonelectrical quantities	314
Вимірювальний	Measuring	
- перетворювач	- measuring transducer	31
- пристрій	- measuring device	29
- канал	- measuring channel	37, 405
Відліковий пристрій	Indicating device	37
Відхилення середньоквадратичне	RMS deviation	57
Відтворення одиниці фізичної величини	Reproducibility of a quantity unit	29
Вольтметр	Voltmeter	
- випрямний	- rectifying voltmeter	191
- електродинамічний	- electro-dynamic voltmeter	153
- електромагнітний	- electro-magnetic voltmeter	147
- магнітоелектричний	- permanent-magnet voltmeter	137
- феродинамічний	- ferro-dynamic voltmeter	157
- цифровий	- digital voltmeter	255
- мікропроцесорний	- microprocessor voltmeter	372
Г		
Гальванометр	Galvanometer	139
Границі (межі) вимірювань	Measuring limit	62
Градуювання засобів вимірювань	Gauging of measuring means	49
Д		
Державна метрологічна служба	National service of legal metrology	123
Державна система забезпечення єдності вимірювань	Government system of measurement traceability	120
Державні стандарти	State standard, norm	507
Дискретизація	Sampling	230
Дисперсія	Variance	57
Діагностування	Diagnosis	
- методи	- methods of diagnosing	485
- критерії	- criteria of diagnosing	487
Діапазон	Range	
- вимірювань	- measurement range	86
- показів	- indication range	87
Е		
Еталон	Etalon (measurement standard)	
- державний	- national standard	121
- копія	- duplicate standard	121
- первинний	- primary standard	121
Є		
Єдність вимірювань	Traceability	11

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>C.</i>
З		
Засоби	Measuring instruments	
- вимірювань	- measuring instrumentation	28
- зразкові	- reference measuring	121
- обчислювальної техніки	- computer aids	35
Значення	Value	
- істинне	- true value	43
- дійсне	- true value	43
- амплітудне	- amplitude value	191
- середнє	- mean value	60
- середньоквадратичне	- root-mean-squared-RMS	191
- числове	- numerical value	191
І		
Інерційні властивості	Inertia properties	100
Індикатор	Null-indicator	40
Інтервал похибки довірчий	Error confidence interval	57
Інтерфейс	Interface	
- стандартний	- standard interface	412
- послідовний	- serial interface	412
- паралельний	- parallel interface	428
- радіальний системний	- groove system interface	413
- магістральний системний	- main system interface	414
- GPIB	- GPIB	428
- RS-232	- RS-232	432
- RS-449	- RS-449	432
- RS-422	- RS-422	432
- RS-423	- RS-423	432
- USB	- USB	435
- MXI	- MXI	436
- MICROWIRE	- MICROWIRE	436
- SPI	- SPI	437
- I ² C	- I ² C	439
Інформація вимірювальна	Measurement information	11
Й		
Ймовірність	Probability	57
К		
Калібрування	Calibration	86
Канал вимірювальний	Measuring channel	37
Ковзання	Slip	384
Квадратор	Squarer	
Квантування	Quantization	
- крок	- interval (step)	230
Кодування	Coding	
Клас точності	Accuracy class	94

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>C.</i>
Класифікація	Classification	
- фізичних величин	- of electrical quantities	16
- вимірювань	- measuring	19
- похибок вимірювань	- error measuring	45
- засобів вимірювань	- of measuring means	28
- вимірювальних перетворювачів	- of measuring transducers	31
- інформаційно-вимірювальних систем	- of data measurement system	38
- цифрових вимірювальних приладів	- of digital measuring instruments	232
Компаратор	Comparator	
Компенсатор	Compensator	
- змінного струму	- alternating current compensator	220
- постійного струму	- direct current compensator	218
Контроль	Testing	
- достовірність	- reliability of the testing	448, 455
- загальні поняття	- general concepts of testing	447
- види	- type of testing	447
- засоби	- means of testing	448
- показники	- indicators of testing	448
- структура систем	- structure testing system	449
- інформаційна модель процесу	- information model of testing process	451
- методична складова достовірності	- didactic component of the reliability of quality testing	457
- інструментальна складова достовірності	- instrumental component of the reliability of quality testing	458, 462
- однопараметричний	- one-parameter testing	458
- багатопараметричний	- multiple-parameter testing	462
Л		
Логометр	Logometer	143
Лічильник електричної енергії	Energy meter	
- індукційний	- induction meter	183
- електронний	- electronic meter	376
М		
Метод	Method	
- безпосереднього оцінювання	- direct method of measurement	20
- порівняння з мірою	- comparison method of measurement	33
- вимірювання	- method of measurement	38
- диференціальний	- differential method of measurement	39
- заміщення	- substitution method of measurement	41
- ноніуса	- vernier (nonius)	39
- компенсаційний	- compensation method of measurement	41
- нульовий	- null method of measurement	41

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>C.</i>
- протиставлення	- opposite method of measurement	41
Метрологічна повірка	Metrological verification	117
Міжнародна електротехнічна комісія	МЕС	125
Міжнародна організація законодавчої метрології	International organization of legal metrology	126
Метрологія	Metrology	
- законодавча	- legal metrology	10
- засоби	- measuring mean	11
- методи	- metrological methods	11
- предмет	- subject of metrology	10
- теоретична	- theoretical metrology	10
Магніторезистор	Magnetoresistor	
Механізм вимірювальний	Measuring mechanism	
- електродинамічний	- electro-dynamic mechanism	150
- електромагнітний	- electromagnetic mechanism	145
- магнітоелектричний	- permanent-magnet mechanism	131
- феродинамічний	- ferro-dynamic mechanism	157
- електростатичний	- electrostatic mechanism	163
- індукційний	- induction mechanism	183
- логометричний	- logometer mechanism	143
Міра	Measure	29
Міст вимірювальний	Measuring bridge	
- змінного струму	- alternating current bridge	211
- постійного струму	- direct current bridge	207
- одинарний	- four-arm bridge	207
- подвійний	- six-arm bridge	209
- автоматичний	- automatic bridge	216
Момент	Moment	
- обертальний	- defecting moment	129
- протидійний	- restoring moment	129
- інерції	- inertion moment	386
- динамічний момент	- dynamic moment	386
Н		
Невизначеність, непевність	Uncertainty	68
Нормальний розподіл	Normal distribution	54
Нормовані метрологічні характеристики ЗВТ	Standardized metrological characteristics of measuring means	85
О		
Об'єкт вимірювання	Measurement object	12
Омметр	Ohmmeter	
- магнітоелектричний	- permanent-magnet of ohmmeter	142
- цифровий	- digital ohmmeter	249
Опір ЗВТ	Resistance of a measuring mean	
- вихідний	- output resistance	87
- вхідний	- input resistance	87
Оцінювання	Estimation	
- похибок засобів вимірювання	- estimation of measuring error	44

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>С.</i>
- точності вимірювання	- estimation of accuracy	44
Одиниці	Unit measure	
- відносні	- relative unit	15
- додаткові	- supplemental unit	15
- основні	- base unit	15
- похідні	- derived unit	15
П		
Передача розміру одиниці	Unit measure transfer	10
Передавання даних	Data transfer	
- програмне	- software data transfer	415
- апаратне	- hardware data transfer	417
Поправка	Correction	44
Поріг чутливості	Threshold of sensitivity	86
Похибка	Error	
- абсолютна	- absolute error	43
- адитивна	- additive error	93
- взаємодії	- interaction error	47
- встановлення	- installation error	47
- відносна	- relative error	44
- випадкова	- random error	45
- динамічна	- dynamic error	100
- додаткова	- complementary error	90
- зведена	- fiducial (full scale) error	89
- інструментальна	- instrumental error	47
- квантування	- error of quantizing	231
- методична	- methodical error	47
- мультиплікативна	- multiplicative error	93
- нелінійна	- nonlinear error	93
- основна	- intrinsic error	90
- прогресивна	- drift error	49
- суб'єктивна	- individual error	47
- систематична	- systematic error	45
- періодична	- periodic error	50
- процесорна	- CPU error	359
Прилади	Measuring instrument	
- аналогові	- analogue measuring instrument	189
- цифрові	- digital measuring instrument	230
Пристрої вимірювальні	Measuring device	28
Промах	Miss	44
Повірка ЗВТ	Verification of measuring means	117
Перетворення	Transformation, conversion	
- аналого-цифрове	- analogue-to-digital conversion	230
- вимірювальне	- measuring transformation	19, 29
- зрівноважувальне	- balancing transformation	32
- масштабне	- scale transformation	29
- цифроаналогове	- digital-to-analogue conversion	30

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>C.</i>
Перетворювач	Transducer, converter	
- амплітудних значень	- amplitude-sensing transducer	192
- аналого-цифровий	- analogue-to-digital converter	230
- вимірювальний	- measuring transducer	315
- масштабний	- scale transducer	34
- первинний	- sensor	315
- середньовипрямлених значень	- mean-sensing transducer	197
- середньоквадратичних значень	- root mean square-sensing transducer	194
- цифроаналоговий	- digital-to-analogue converter	30
Перетворювачі вимірювальні магнітних величин	Transducers of magnetic quantities	288
Перетворювачі вимірювальні неелектричних величин	Transducers of nonelectrical quantities	
- індуктивні	- inductive	332
- індукційні	- induction	334
- ємнісні	- capacitor	326
- резистивні	- resistive	317
- теплові	- termical	337, 394
- фотоелектричні	- photoelectrical	340
Перетворювачі магнітовимірювальні	Magnetic transducers	
- магнітоелектричні	- magneto-electric	
- гальваноманітні	- galvano-magnetic	289
- індукційні	- induction	288
Підсилювач вимірювальний	Instrumentation amplifier	35
Поділшка шкали	Scale division	39
Показ засобу вимірювань	Indication of a measuring tools	87
Поріг чутливості засобу вимірювань	Threshold of a measuring tools	87
Поправка	Correction	44
Р		
Рід фізичної величини	Type of a physical quantity	23
Розмір фізичної величини	Magnitude of a physical quantity	29
Режим роботи	Operating mode of measuring	
- динамічний	- dynamic operating mode	85
- статичний	- static operating mode	85
Розмірність величини	Dimension of quantity	14
Розподіл похибки	Error probably distribution	
- Лапласа	- Laplace distribution	54
- Гаусса	- normal distribution	54
- рівномірний	- uniform distribution	55
- Стьюдента	- Student distribution	61
С		
Система	System	
- вимірювальна	- measuring system	408
- діагностики	- diagnostic system	484
- контролю	- control system	443
Сподівання математичне	Mathematical expectation	

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>C.</i>
Спостереження	Observation	12
Статистичні оцінки	Statistical estimate	60
Сумісна густина розподілу	Joint density of distribution	58
Т		
Тензорезистор	Tenzoresistor	322
Термометр опору	Resistance thermometer	321
Термопара	Thermocouple	396
Точність вимірювання	Accuracy of measurement	44
Трансформатор вимірювальний	Measuring transformer	
- напруги	- voltage transformer	170
- струму	- current transformer	167
У		
Умови вимірювання	Measurement conditions	
- нормальні	- reference conditions	90
- робочі	- rated operating conditions	90
Усереднення	Averaging	97
Ф		
Фізична величина	Physical quantity	14
Фазовий зсув	Phase shift	202, 243
Фазометр	Phase meter	
- аналоговий	- analog phase meter	202
- електромеханічний	- electromechanical phase meter	158
- електронний	- electronic phase meter	202
- цифровий	- digital phase meter	242
- мікропроцесорний	- microprocessor phase meter	
Фотодіод	Photodiode	340
Фоторезистор	Photo-resistor	320
Функція перетворення	Conversion function	85
Х		
Характеристика	Characteristic	
- амплітудно-частотна	- amplitude characteristic	110
- градуювальна	- calibrated characteristic	86
- імпульсна	- pulse characteristic	109
- перехідна	- transient characteristic	105
- фазочастотна	- phase characteristic	110
- метрологічна статична	- metrological static	86
Ч		
Числовий перетворювач	Numerical conterter	35
Чутливість	Sensitivity	86
Частотомір	Frequency meter	
- аналоговий	- analogue frequency meter	200
- електродинамічний	- electro-dynamic frequency meter	158
- електронний	- electronic frequency meter	200
- цифровий	- digital frequency meter	233
- мікропроцесорний	- microprocessor frequency meter	364

<i>Українські терміни</i>	<i>English terms</i>	<i>С.</i>
Ш		
Шкала	Scale	
- нерівномірна	- non-linear scale	147, 153
- рівномірна	- linear scale	156, 164
Швидкість	Velocity	
- кутова	- angular velocity	380
Шина системна	System bus	
- IBM PC	- IBM PC	423
- PC AT	- PC AT	424
- EISA	- EISA	426
- PCI	- PCI	427

Навчальне видання

**Василь Васильович Кухарчук
Володимир Юрійович Кучерук
Євген Тимофійович Володарський
Володимир Віталійович Грабко**

Основи метрології та електричних вимірювань

Підручник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено В. Кухарчуком

Підписано до друку 28.02.2012 р.
Формат 29,7 × 42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 22,7
Наклад 500 (1-й запуск 1-150) прим. Зам. № 2012-033

Вінницький національний технічний університет,
комп'ютерний інформаційно-видавничий центр.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.