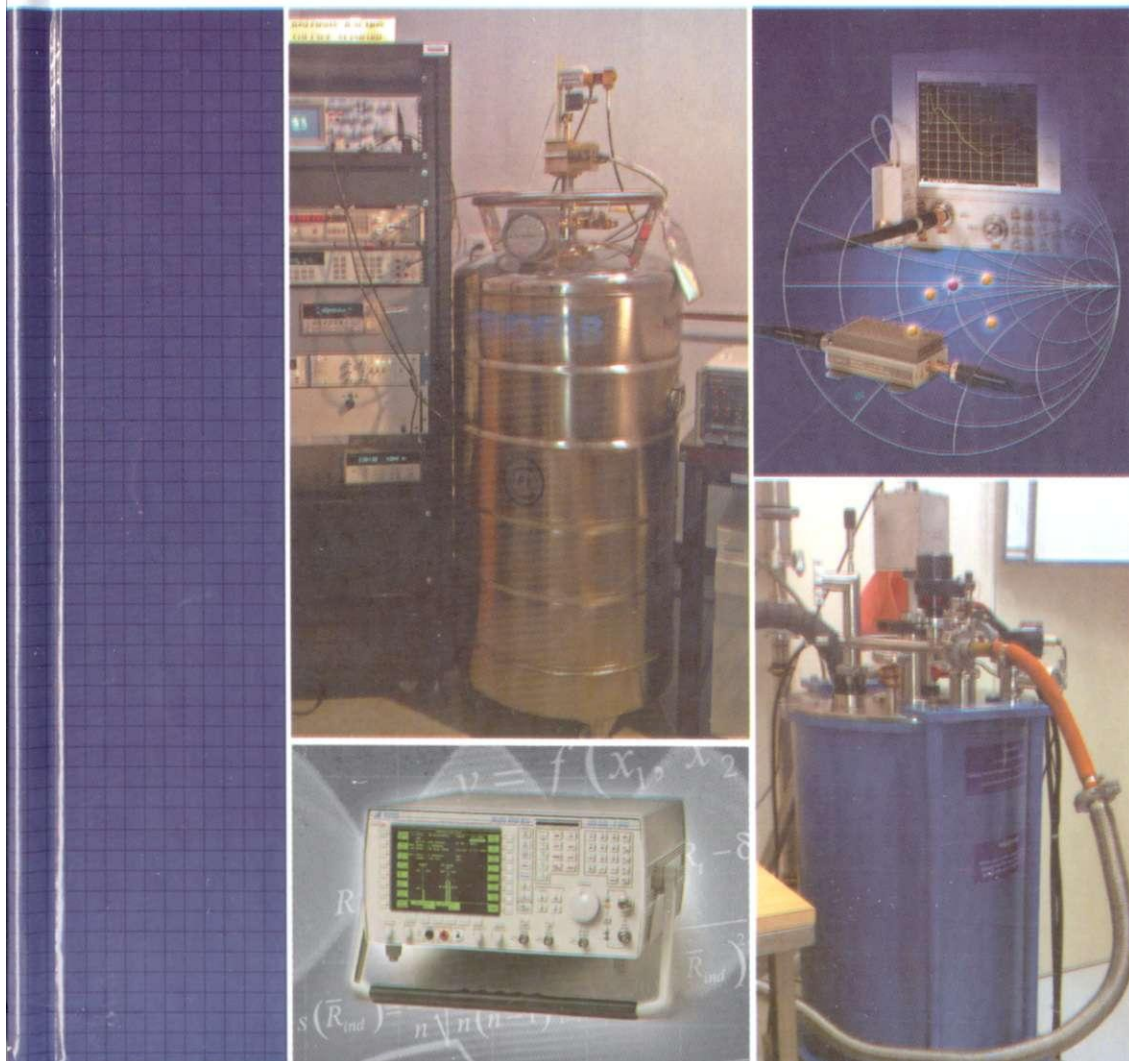


ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ЕЛЕКТРОРАДІОВИМІРЮВАНЬ

За редакцією д-ра техн. наук, проф. Ю. Ф. Павленка

Навчальний посібник



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР ВИЩОЇ ОСВІТИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«Харківський політехнічний інститут»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ЕЛЕКТРОРАДІОВИМІРЮВАНЬ

Навчальний посібник

для студентів вищих навчальних закладів

За редакцією д-ра техн. наук, проф. Ю. Ф. Павленка

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Харків

Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ»

20 11

УДК 621.317
ББК 31.221
3-38

Автори:

Ю. Ф. Павленко, І. П. Захаров, С. І. Кондратов, В. К. Гусельніков

Рецензента:

*/ . В. Руженцев, д-р техн. наук, Харківський національний університет радіоелектроніки;
М. Д. Кошовий, д-р техн. наук, Харківський національний аерокосмічний університет;
О. В. Прокопов, д-р фіз.-мат. наук, Національний науковий центр «Інститут метрології»*

Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України,
лист № 1/11-4761

Забезпечення єдності електрорадіовимірювань : навч. посіб.

3-38 для студ. вищ. навч. закладів / Ю. Ф. Павленко, І. П. Захаров,
С. І. Кондрашов, В. К. Гусельніков ; за ред. Ю. Ф. Павленка. - Х. :
Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ». - 232 с.

ISBN 978-966-2426-24-3

В посібнику розглядаються основні складові системи забезпечення Єдності

вимірювань, найбільша увага приділяється принципам побудови первинних еталонів основних одиниць SI і одиниць в іачузї електрорадіовимірювань. питанням побудови повір очних схем і простежуваності результатів вимірювання до еталонів.

Аналізуються перспективи подальшого вдосконалення системи Забезпечення Єдності, зокрема розвитку квантової метрології і неревизначення деяких одиниць в напрямку простежуваності до фундаментальних фізичних сталих.

Призначено для студентів і викладачів вузів, а також фахівців у галузі метрології і вимірювальної техніки.

Іл. 136. Табл. 11. Бібіограф.: 46 назв.

УДК 621.317

ББК 31.221

© Ю. Ф. Павленко, І. П. Захаров,

С. І. Кондрашов, В. К. Гусельніков, 2011

ISBN 978-966-2426-24-3

© Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2011

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень ³	
Вступ.....	5
Розділ 1. ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ⁶	
1.1. Про термін "єдність вимірювань".....	6
1.2. Міжнародна система одиниць.....	6
1.3. Структура системи забезпечення єдності вимірювань.....	9
1.4. Нормативно-правова основа системи ЗЄВ.....	10
1.5. Організаційна основа забезпечення єдності вимірювань.....	12
1.6. Наукова основа забезпечення єдності вимірювань.....	14
1.7. Технічна основа системи забезпечення єдності вимірювань.....	14
1.7.1. Система державних еталонів.....	15
1.7.2. Стандартні зразки властивостей речовин та матеріалів.....	17
1.7.3. Сукупність робочих засобів вимірювальної техніки.....	18
1.7.4. Система передачі розміру одиниць.....	20
1.7.5. Стандартні довідкові дані про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів.....	22
1.8. Забезпечення єдності вимірювань у міжнародному масштабі.....	24
Контрольні питання.....	24
Розділ 2. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ЕТАЛОНІВ²⁵	
2.1. Функції еталона.....	25
2.2. Класифікація еталона.....	26
2.3. Особливості еталонів в порівнянні з іншими засобами вимірювальної техніки.....	26
2.4. Нормовані метрологічні характеристики еталонів.....	28
2.4.1. Способи подання характеристик похибок первинного еталона.....	28
2.4.2. Способи подання характеристик похибок вторинних еталонів.....	29
2.5. Обчислення характеристик похибок еталонів.....	29
2.6. Обчислення характеристик невизначеності еталонів.....	31
2.7. Взаємне перерахування характеристик похибок і невизначеності вимірювань.....	35
2.7.1. Перерахування від характеристик похибки до оцінок невизначеності вимірювань.....	35
2.7.2. Перерахування від невизначеності до оцінок характеристик похибки вимірювань.....	36
2.8. Передача розмірів одиниць ФВ від еталонів робочим засобам вимірювальної техніки.....	36
2.8.1. Повірочні схеми.....	36
2.8.2. Методи вимірювань, що застосовуються при передаванні одиниці.....	39
Контрольні питання.....	40

Розділ 3. ЕТАЛОНИ ОСНОВНИХ ОДИНИЦЬ SI	41
3.1. Секунда.....	41
3.2. Метр.....	50
3.3. Ампер.....	57
3.4. Еталон одиниці температури.....	60
3.5. Кандела.....	68
3.6. Кілограм.....	71
3.7. Моль.....	73
3.8. Висновок.....	74
Контрольні питання.....	74

Розділ 4. СИСТЕМА ЕТАЛОНІВ В ОБЛАСТІ ЕЛЕКТРОРАДІОВИМІРЮВАНЬ. КВАНТОВІ (БАЗОВІ) ЕТАЛОНИ СИСТЕМИ	76
4.1. Одиниці ФВ, що застосовуються в електрорадіовимірюваннях. Еволюція методології відтворення.....	76
4.2. Квантові ефекти та еталони електричних одиниць на їх основі.....	79
4.3. Система еталонів в області електрорадіовимірювань.....	81
4.4. Еталон вольт на ефекті Джозефсона.....	83
4.4.1. Фізична суть ефекту Джозефсона.....	83
4.4.2. Структурна схема еталона.....	85
4.5. Еталон ома на основі квантового ефекту Холла.....	93
4.5.1. Фізична суть ефекта Холла.....	93
4.5.2. Структурна схема еталона.....	95
4.5.3. Про можливості атестації мір опору за допомогою еталонної ємності.....	99
4.6. Еталон одиниці магнітної індукції на ефекті ядерного магнітного резонансу.....	100
4.7. Еталон ампера на основі квантових ефектів.....	106
4.8. Висновок.....	108
Контрольні питання.....	109

Розділ 5. ЕТАЛОНИ ОДИНИЦЬ НАПРУГИ І СИЛИ ЗМІННОГО СТРУМУ	110
5.1. Еталони одиниці напруги змінного струму.....	110
5.1.1. Параметри змінної напруги.....	110
5.1.2. Основні методи точного вимірювання (відтворення) напруги змінного струму.....	111
5.1.3. Еталон змінної напруги в діапазоні низьких і середніх частот.....	114
5.1.4. Еталон одиниці напруги на високих частотах.....	119
5.2. Узгодження розміру вольт в частотному і динамічному діапазонах.....	128
5.2.1. Еталон високої напруги постійного та змінного струму.....	128
5.2.2. Узгодження еталонів вольт.....	129

5.3. Еталони одиниці сили змінного струму.....	130
5.3.1. Еталони сили струму в діапазоні низьких і середніх частот.....	130
5.3.2. Еталони сили струму в діапазоні високих частот.....	133
5.4. Узгодження розміру ампера в частотному і динамічному діапазонах....	136
5.5. Висновки.....	137
Контрольні питання.....	139

Розділ 6. ЕТАЛОНИ ПАРАМЕТРІВ ІНТЕНСИВНОСТІ

6.1. Еталони одиниці електричної потужності.....	140
6.1.1. Еталони потужності змінного струму на промисловій частоті.....	141
6.1.2. Еталони одиниці потужності електромагнітних коливань ВЧ- і НВЧ-діапазонів.....	146
6.2. Еталони одиниць напруженості електромагнітного поля.....	151
6.2.1. Загальні положення.....	151
6.2.2. Еталон напруженості електричного поля на частотах до 30 МГц.....	154
6.2.3. Еталон напруженості електричного поля в діапазоні вище 30 МГц.....	156
6.2.4. Еталон напруженості магнітного поля в діапазоні до 30 МГц.....	159
6.3. Еталон одиниці спектральної густини потужності шумового радіовипромінювання.....	161
6.4. Висновки.....	165
Контрольні питання.....	165

Розділ 7. ЕТАЛОНИ ОДИНИЦЬ ПАРАМЕТРІВ ЛАНЦЮГІВ

І ТРАКТІВ	166
7.1. Еталон одиниці електричної ємності.....	166
7.2. Еталон одиниці індуктивності.....	175
7.3. Еталони одиниці кута фазового зсуву між двома напругами.....	178
7.4. Поняття про еталони параметрів трактів з розподіленими постійними.....	181
7.5. Висновки.....	186
Контрольні питання.....	186

Розділ 8. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ І РАДІОТЕХНІЧНИХ СИГНАЛІВ	187
8.1. Загальні відомості про вимірювання параметрів сигналів.....	187
8.2. Забезпечення єдності вимірювань нелінійних спотворень.....	189
8.2.1. Загальні відомості про спотворення сигналів. Нелінійні спотворення.....	189
8.2.2. Еталон одиниці коефіцієнта гармонік.....	192

8.3. Еталон одиниці коефіцієнта амплітудної модуляції.....	195
8.3.1 Параметри АМ-сигналу.....	195
8.3.2 Апаратурне рішення та характеристики еталона.....	198
8.4. Еталон одиниці девіації частоти частотно-модульованих коливань.....	201
8.4.1 Параметри сигналу з кутовою модуляцією.....	201
8.4.2 Апаратурне рішення та характеристики еталона.....	204
8.5. Метрологічне забезпечення вимірювальних генераторів.....	211
8.6. Про метрологічне забезпечення осцилографів, аналізаторів спектра та інших багатофункційних засобів вимірювань.....	213
8.7. Висновок.....	214
Контрольні питання.....	214

Розділ 9. ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ...	215
9.1. Перспективи вдосконалення системи одиниць SI.....	215
9.2. Про можливість створення природного еталона маси.....	220
9.3. Наслідки пере визначення одиниць для метрології в галузі електроніки і радіоелектроніки.....	221
9.4. Очікуваний вплив перевизначення основних одиниць на ФФС і науку в цілому.....	223
9.5. Висновок.....	224
Контрольні питання.....	224

Список літератури_225