

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА



ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИЇЗНИМИ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ



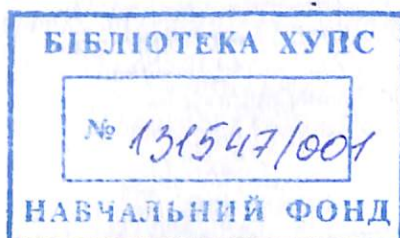
Харків
2019

389.1
В46

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИЇЗНИМИ
МЕТРОЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ
В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ
ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ

Підручник



Харків
2019

УДК 006.91 : (075.8)
В-43

*Рекомендовано до друку вченою радою
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(протокол № 8 від 26.06.2018)*

Автори: В. Б. Кононов (розд. 1, 8, 9, 10); І. В. Толок (розд. 7, 12, 13);
А. М. Науменко (розд. 5, 6, 16); О. В. Коваль (розд. 2, 3, 11);
В. Ю. Запека (розд. 4, 14, 15).

Рецензенти: М. Д. Кошовий, доктор технічних наук, професор
Національного аерокосмічного університету імені М. С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»;

С. І. Кондрашов, доктор технічних наук, професор
Національного технічного університету «Харківський політехнічний
інститут»;

І. В. Руженцев, доктор технічних наук, професор
Національного університету радіоелектроніки.

Використання вимірювальних перетворювачів виїзними
В-43 метрологічними групами в умовах проведення операції об'єднаних
сил : підручник / В. Б. Кононов, І. В. Толок, А. М. Науменко та ін.
Х. : ХНУПС, 2019 – 428 с.

Підручник містить основні теоретичні відомості щодо теоретичних і практичних
основ побудови та застосування вимірювальних перетворювачів електричних і
магнітних величин, які є невід'ємною частиною вимірювальної техніки
військового призначення. Він спрямований на здобуття фахівцями різних
спеціальностей первинних знань з основ теорії побудови вимірювальних
перетворювачів, їх технічних та метрологічних характеристик, застосування
вимірювальної техніки військового призначення (ВТВП), наукового підходу до
порядку застосування стандартів при експлуатації ВТВП та інших нормативно-
правових актів, організації робіт з експлуатації ВТВП в умовах проведення
операції об'єднаних сил.

Призначений для фахівців-метрологів та курсантів, студентів інженерних
спеціальностей.

УДК 006.91 : (075.8)

© Кононов В. Б., Толок І. В., Науменко А. М., Коваль О. В.,
Запека В. Ю., 2019

© Харківський національний університет Повітряних
Сил імені Івана Кожедуба, 2019

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ПЕРЕДМОВА.....	10
ВСТУП.....	12
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АНАЛОГОВІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	14
1.1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.....	14
1.2. Сигнали вимірювальної інформації.....	15
1.3. Характеристики засобів вимірювальної техніки.....	16
1.3.1. Метрологічні характеристики.....	16
1.3.2. Похибки засобів вимірювальної техніки.....	18
1.3.3. Нормування похибок засобів вимірювальної техніки.....	20
1.4. Класи точності засобів вимірювальної техніки.....	22
1.5. Технічні характеристики засобів вимірювальної техніки.....	23
Питання для самоконтролю.....	24
Розділ 2. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПРИЛАДИ, ЯКІ ВИКОРИСТО- ВУЮТЬСЯ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ.....	25
2.1. Загальні відомості.....	25
2.2. Магнітоелектричні прилади.....	29
2.3. Електромагнітні прилади.....	42
2.4. Електродинамічні прилади.....	47
2.5. Феродинамічні прилади.....	52
2.6. Електростатичні прилади.....	54
2.7. Вимірювальні трансформатори.....	56
Питання для самоконтролю.....	63
Розділ 3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ НАПРУГ І СТРУ- МІВ, ЩО ВИКОРИСТОВЮЮТЬСЯ ВИЇЗНИМИ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	64
3.1. Вимірювання постійних напруг і струмів.....	65
3.2. Фотогальванометричні автокомпенсатори.....	72
3.3. Засоби вимірювання змінних напруг і струмів.....	75
3.4. Випрямні вольтметри та амперметри.....	75
3.5. Термоелектричні прилади.....	79
3.6. Компенсатор змінного струму.....	83
3.7. Термоелектричні компаратори.....	85
3.8. Електронні вольтметри.....	87
3.8.1. Електронні вольтметри постійного струму.....	87
3.8.2. Загальна характеристика вольтметрів змінного струму.....	90

3.8.3. Електронні вольтметри максимальних значень.....	90
3.8.4. Вольтметри максимальних значень з лінеаризованим детектором.....	95
3.8.5. Діодні компенсаційні вольтметри.....	97
3.8.6. Електронні вольтметри середньовипрямлених значень.....	101
3.8.7. Електронні вольтметри діючих значень.....	103
3.8.8. Універсальні вольтметри.....	106
3.8.9. Селективні вольтметри.....	106
3.8.10. Імпульсні вольтметри.....	108
Питання для самоконтролю	112
Розділ 4. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ІЗ ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ СТАЛИМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	114
4.1. Метод вольтметра-амперметра.....	114
4.2. Метод безпосередньої оцінки.....	116
4.3. Метод порівняння.....	119
4.4. Особливості вимірювання великих опорів.....	126
4.5. Мости змінного струму.....	129
4.6. Трансформаторні мостові схеми.....	136
4.7. Резонансний метод.....	141
4.8. Вимірювач опорів заземлювальних пристроїв.....	147
Питання для самоконтролю	148
Розділ 5. ВИМІРЮВАННЯ В КОЛАХ ІЗ РОЗПОДІЛЕНИМИ СТАЛИМИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	149
5.1. Загальні відомості	149
5.2. Вимірювальні лінії.....	152
5.3. Вимірювання довжини хвилі.....	154
5.4. Вимірювання коефіцієнта стоячої хвилі та коефіцієнта відбиття.....	155
5.5. Вимірювання повного опорів навантаження.....	159
5.6. Вимірювання коефіцієнта стоячої хвилі спрямованими відгалужувачами.....	161
5.7. Вимірювачі повних опорів.....	163
Питання для самоконтролю	167
Розділ 6. ПРИЛАДИ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ І ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕ- РИСТИК ОБ'ЄКТУ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	168
6.1. Самописні прилади прямої дії.....	168

6.2. Світлопроменеві осцилографи.....	170
6.3. Електронно-променеві осцилографи.....	175
6.3.1. Універсальні електронно-променеві осцилографи.....	175
6.3.2. Осцилографічні розгортки.....	181
6.3.3. Вимірювання параметрів сигналу.....	185
6.4. Основні характеристики осцилографа.....	185
6.5. Стробоскопічні осцилографи.....	189
Питання для самоконтролю	192
Розділ 7. АНАЛІЗАТОРИ СПЕКТРА, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СИГНАЛІВ РЛС У ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	193
7.1. Аналізатори спектра паралельної дії.....	194
7.2. Аналізатори спектра послідовної дії.....	195
7.3. Дисперсійні аналізатори.....	199
7.4. Вимірювачі коефіцієнта гармонік.....	200
Питання для самоконтролю	202
Розділ 8. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	203
8.1. Амплітудна модуляція та її визначення.....	203
8.2. Методи вимірювання девіації частоти.....	208
8.3. Вимірювання девіації частоти методом імпульсного частотного детектора.....	214
Питання для самоконтролю	215
Розділ 9. ВИМІРЮВАЛЬНІ ГЕНЕРАТОРИ СИГНАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ВИЇЗНИМИ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС.....	216
9.1. Загальні відомості.....	216
9.2. Генератори сигналів низької частоти.....	217
9.3. Інфранизькочастотні генератори сигналів.....	222
9.4. Прецизійні джерела вимірювальних сигналів (синтезатори частоти).....	225
9.5. Генератори сигналів високої частоти.....	228
9.6. Генератори сигналів надвисоких частот.....	231
9.7. Генератори імпульсних сигналів.....	236
9.8. Генератори шумових сигналів.....	240
Питання для самоконтролю	245
Розділ 10. ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ.....	246
10.1. Загальні відомості.....	246
10.2. Вимірювання потужності постійного і однофазного змінного струму промислової частоти.....	249

10.3. Вимірювання активної потужності в системах трифазного струму	251
10.4. Вимірювання реактивної потужності в трифазних колах.....	255
10.5. Вимірювання потужності високих та надвисоких частот.....	258
10.6. Вимірювання прохідної потужності.....	275
10.7. Вимірювання електричної енергії промислової частоти.....	277
Питання для самоконтролю	286
Розділ 11. ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ.....	287
11.1. Загальні відомості.....	287
11.2. Метод безпосередньої оцінки.....	288
11.3. Метод заряду і розряду конденсатора.....	290
11.4. Метод порівняння.....	292
11.4.1. Осцилографічний метод.....	292
11.4.2. Гетеродинний метод.....	294
11.5. Резонансний метод вимірювання частоти.....	296
11.6. Мостовий метод вимірювання частоти	300
11.7. Визначення нестабільності частоти	301
11.8. Джерела зразкової частоти.....	302
Питання для самоконтролю	305
Розділ 12. ВИМІРЮВАННЯ ФАЗОВИХ ЗСУВІВ.....	306
12.1. Загальні відомості	306
12.2. Метод безпосередньої оцінки.....	307
12.3. Осцилографічний метод.....	311
12.4. Компенсаційний метод.....	314
12.5. Перетворення частоти при вимірюванні фазових зсувів.....	322
Питання для самоконтролю	323
Розділ 13. ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ.....	324
13.1. Загальні відомості.....	324
13.2. Вимірювання математичного сподівання.....	325
13.3. Вимірювання середньої потужності та дисперсії.....	326
13.4. Вимірювання кореляційних функцій.....	328
13.5. Вимірювання функції розподілу ймовірностей.....	333
13.6. Вимірювання енергетичного спектра.....	338
Питання для самоконтролю	340
Розділ 14. ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНИХ ВЕЛИЧИН.....	341
14.1. Основні відомості.....	341
14.2. Вимірювання параметрів магнітного поля.....	343
14.2.1. Індукційні прилади для вимірювання магнітних полів.....	343

14.2.2. Гальваномагнітні тесламетри	349
14.2.3. Ферозондові тесламетри	351
14.2.4. Ядерно-резонансні тесламетри.....	353
14.3. Вимірювання характеристик феромагнітних матеріалів.....	355
14.3.1. Визначення статичних характеристик феромагнітних матеріалів балістичним методом...	357
14.3.2. Випробування динамічних характеристик феромагнітних матеріалів.....	363
14.3.3. Ватметровий метод визначення втрат на перемагнічування.....	372
Питання для самоконтролю	375
Розділ 15. ВИМІРЮВАННЯ В ЛІНІЯХ ПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС...	376
15.1. Основні відомості.....	376
15.2. Загасання чотиріполюсників. Основні поняття.....	378
15.3. Методи вимірювання загасання.....	380
15.3.1. Метод відношенні напруг.....	380
15.3.2. Метод відношення потужностей.....	383
15.3.3. Метод заміщення.....	383
15.3.4. Вимірювання перехідного загасання.....	386
15.4. Вимірювання амплітудно-частотних характеристик кіл....	387
15.5 Вимірювання групового часу проходження сигналу.....	388
15.6. Вимірювання в каналах телеграфних повідомлень.....	393
15.7. Методи вимірювання параметрів ліній	397
Питання для самоконтролю	410
Розділ 16. ВИМІРЮВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ.....	411
16.1. Основні відомості.....	411
16.2. Вимірювальні приймачі	412
16.3. Вимірювальні антени	414
16.4. Вимірювання завад.....	419
Питання для самоконтролю	419
ПІСЛЯМОВА.....	420
ЛІТЕРАТУРА.....	422
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	424