

616-073

К-48

Клепиковський А.В., Любчик В.Р., Сенчишина Ю.В. Теоретичні засади багаточастотних фазових вимірювань дальності об'єктів: монографія. Чернівці: Місто, 2018. 432 с.



В монографії здійснено розробку основ теорії багаточастотних фазових вимірювань дальностей об'єктів та їх характеристик.

В основу теорії покладено той факт, що при зондуванні об'єктів гармонічними сигналами різних частот відбиті сигнали від кожного об'єкту є гармонічними, фазові зсуви яких прямопропорційні подвоєній відстані і обернено пропорційні частоті гармонічного сигналу, а амплітуди при зміні частоти в невеликому діапазоні частот не змінюються внаслідок того, що коефіцієнти відбиття є незмінними.

В роботі запропоновано ряд методів розв'язання задачі розділення векторів сигналів відбитих від кожного об'єкту, шляхом математичних перетворень системи нелінійних рівнянь або дослідження характерних точок амплітудно-частотної та фазочастотної характеристик сумарного відбитого сигналу.

Запропоновані методи дозволяють розв'язувати задачі радіолокаційного спостереження, підповерхневого зондування, ультразвукової діагностики та дефектоскопії.

ЗМІСТ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ЗМІСТ | 3 |
| СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ | 7 |
| ВСТУП | 8 |
| РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗОНДУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ | 12 |
| 1.1. Задачі радіолокаційного зондування | 12 |
| 1.2. Дослідження задачі ультразвукової діагностики медико-біологічних об'єктів | 22 |
| 1.3. Особливості зондування підповерхневих об'єктів | 26 |
| 1.4. Особливості ультразвукової діагностики медико-біологічних об'єктів | 39 |
| 1.5. Методи радіолокаційного дослідження об'єктів | 46 |
| 1.6. Ультразвукова діагностика медико-біологічних об'єктів | 86 |
| 1.7. Радіолокаційне вимірювання радіальної швидкості цілей | 88 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 | 91 |
| РОЗДІЛ 2 РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ БАГАТОЧАСТОТНИХ ФАЗОВИХ ВИМІРЮВАНЬ ДАЛЬНОСТІ ТА ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ | 95 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1. Розробка та дослідження математичної моделі проходження радіосигналів за наявності двох об'єктів | 95 |
| 2.2. Розробка та дослідження математичної моделі проходження радіосигналів за наявності багатьох об'єктів | 116 |
| 2.3. Математичні моделі проходження гармонічних сигналів з реактивним характером об'єктів | 131 |
| 2.4. Радіолокаційне зондування із перетворенням спектру | 152 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 | 157 |
| РОЗДІЛ 3 БАГАТОЧАСТОТНІ ФАЗОВІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТІВ | 159 |
| 3.1. Ітераційні фазочастотні методи вимірювання дальності об'єктів | 160 |
| 3.2. Багаточастотні фазові методи вимірювання дальності, що ґрунтуються на аналізі амплітудно-частотної та фазочастотної характеристик сумарного відбитого сигналу | 167 |
| 3.2.1. Метод вимірювання дальності двох об'єктів | 167 |
| 3.2.2. Метод вимірювання дальності багатьох об'єктів | 179 |
| 3.3. Аналітичні багаточастотні фазові методи вимірювання дальності | 188 |
| 3.3.1. Аналітичний багаточастотний фазовий метод вимірювання дальності двох об'єктів | 188 |
| 3.3.2. Аналітичний багаточастотний фазовий метод вимірювання дальності багатьох об'єктів | 194 |
| 3.3.3. Аналітичний багаточастотний фазовий метод вимірювання дальності багатьох об'єктів зі зменшеним частотним діапазоном | 209 |
| 3.4. Розробка фазового методу вимірювання відстаней до завади з реактивним характером | 218 |
| 3.5. Дослідження можливостей застосування багатошкальності для зниження похибки багаточастотної фазової далекометрії | 226 |
| 3.6. Дослідження використання амплітудної модуляції для формування зондувальних сигналів багаточастотної фазової далекометрії | 229 |
| 3.7. Багаточастотний фазовий спосіб вимірювання радіальної швидкості цілей | 233 |
| 3.8. Узагальнення багаточастотної о фазового методу на випадок застосування односмугової модуляції для перенесення спектру зондувального сигналу в радіодіапазон | 243 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 | 248 |
| РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ БАГАТОЧАСТОТНИХ ФАЗОВИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТІВ | 252 |
| 4.1. Дослідження точності багаточастотних фазових методів вимірювання дальності двох об'єктів | 252 |
| 4.2. Розробка імітаційної моделі та дослідження багаточастотного фазового методу вимірювання дальності багатьох об'єктів | 258 |
| 4.2.1. Математична модель впливу нестабільності частоти на похибку вимірювання дальності | 263 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.2. Математична модель впливу кроку зміни частоти, похибки вимірювання амплітуди та фазового зсуву сумарного сигналу на похибку вимірювання дальності | 267 |
| 4.2.3. Дослідження впливу числа обумовленості матриці системи лінійних рівнянь на точність вимірювання дальності | 274 |
| 4.2.4. Дослідження роздільної здатності багаточастотного фазового методу вимірювання дальності | 277 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 | 282 |
| РОЗДІЛ 5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ БАГАТОЧАСТОТНОГО ФАЗОВОГО ЗОНДУВАННЯ | 284 |
| 5.1. Принципи побудови радіолокаційних систем підповерхневого зондування | 284 |
| 5.2. Розробка методу уточнення дальності об'єктів із врахуванням електрофізичних властивостей підповерхневих середовищ | 289 |
| 5.3. Багаточастотний фазовий метод вимірювання радіальної швидкості рухомих цілей | 295 |
| 5.4. Структурні схеми радіолокаційних систем вимірювання дальності та радіальної швидкості цілей | 299 |
| 5.5. Зондування медико-біологічних об'єктів | 312 |
| 5.6. Розробка математичної моделі періодичного сигналу з прямокутним спектром і мінімальним пік-фактором | 317 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5 | 349 |
| РОЗДІЛ 6 БАГАТОЧАСТОТНІ ФАЗОВІ ПРИСТРОЇ ДАЛЕКОМЕТРІЇ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНІ БЛОКИ | 351 |
| 6.1. Лабораторний макет дослідження багаточастотної фазової далекометрії | 355 |
| 6.2. Дослідний зразок радіолокаційної станції ближньої розвідки СБР-3 | 359 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6 | 359 |
| ВИСНОВКИ | 361 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 367 |
| ДОДАТОК А ПРОГРАМА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОЧАСТОТНОГО ФАЗОВОГО МЕТОДУ ІЗ НЕСТАБІЛЬНІСТЮ ЧАСТОТИ ТАКТОВОГО ГЕНЕРАТОРА | 401 |
| ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЧАСТОТИ ТАКТОВОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ БАГАТОЧАСТОТНИМ ФАЗОВИМ МЕТОДОМ | 407 |
| ДОДАТОК В АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ БАГАТОЧАСТОТНОГО ФАЗОВОГО МЕТОДУ ІЗ ФІКСОВАНИМ НАБОРОМ ЧАСТОТ | 411 |
| ДОДАТОК Г РЕЗУЛЬТАТИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ | 412 |
| Додаток Г.1 Результати статистичної обробки математичного моделювання похибки вимірювання дальності за умови наявності похибки вимірювання амплітуди сумарного сигналу | 412 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Додаток Г.2 Результати статистичної обробки математичного моделювання похибки вимірювання відстаней за умови наявності похибки вимірювання фазового зсуву сумарного сигналу | 414 |
| Додаток Г.3 Результати математичного моделювання вливу початкової частоти та кроку зміни частоти на число обумовленості матриці системи лінійних рівнянь | 416 |
| Додаток Г.4 Результати статистичної обробки математичного моделювання роздільної здатності багаточастотного фазового методу вимірювання дальності | 419 |