**Мазурков Михайло Іванович. Теоретичні основи і методи синтезу повних класів шумоподібних сигналів на базі алгебраїчних конструкцій для підвищення завадозахищеності радіосистем : Дис... д-ра наук: 05.12.13 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Мазурков М.І. Теоретичні основи і методи синтезу повних класів шумоподібних сигналів на базі алгебраїчних конструкцій для підвищення завадозахищеності радіосистем.**- **Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій. – Одеський національний політехнічний університет, Одеса, 2008.  Дисертацію присвячено вирішенню проблеми синтезу повних класів, лінійних і нелінійних, шумоподібних сигналів для підвищення завадозахищеності радіосистем, що завжди діють в умовах природних та штучних завад. Запропоновані нові регулярні правила побудови повних класів оптимальних, композиційних та великих систем дискретних частотних ДЧ-сигналів як на основі повних форм арифметичних таблиць множення у полях Галуа, так і на основі методу власної децимації, що дало змогу суттєво підвищити завадостійкість та структурну (параметричну) скритність роботи радіосистем.  Вперше набула свого вирішення проблема синтезу великих систем ДЧ-сигналів, показано, що великі системи дають енергетичний виграш у 3 дБ, порівняно з оптимальними системами.  Вперше створено базові елементи алгебраїчної теорії досконалих двійкових решіток (ДДР), побудовано ансамблі мінімаксних та системи ортогональних бінарних фазоманіпульованих БФМ-сигналів на основі ДДР, з практично привабливими структурними властивостями, що дало змогу розробити економічні схеми декодерів ковзного кореляційного декодування.  На основі запропонованого принципу максимально правдоподібного шляху розроблено конструктивне правило побудови компактних та гранично компактних ЧЧМ-сигналів, що кодовані частотно-часовими матрицями, з властивістю не більш одного збігу, а також з властивістю щільної упаковки рівноважних та нерівноважних парціальних сигналів. Ці класи сигналів (кодів) дозволяють вести боротьбу з пакетними помилками, а також дозволяють реалізувати технології з нерівним захистом символів, що досить актуально при передачі мовних повідомлень і результатів телеметричних вимірів. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-технічна проблема народногосподарського значення, яка полягає в підвищені завадозахищеності радіосистем шляхом розроблених теоретичних основ синтезу різноманітних повних класів лінійних і нелінійних дискретних шумоподібних сигналів на базі нових алгебраїчних конструкцій, і реалізації концепції оперативної зміни робочих систем сигналів.  Вирішення сформульованої проблеми полягає у наступному:  1. Вперше одержала конструктивне вирішення проблема синтезу великих систем ДЧ-сигналів, для яких об'єм системи набагато більше бази сигналу . В основу вирішення цієї проблеми покладений принцип об'єднання композиційних систем ДЧ-сигналів. Показано, що коефіцієнт завадостійкості побудованих великих систем ДЧ-сигналів перевищує в 1,5 рази аналогічний показник оптимальних систем ДЧ-сигналів. Це приводить до енергетичного виграшу великих систем, що складає 3 дБ, при цьому швидкість передачі інформації також підвищується не менш як у три рази. Ціна такого підвищення полягає в ускладнені технічної реалізації модемів великих систем ДЧ-сигналів за лінійним законом.  2. Доведено загальну теорему про існування мінімаксних композиційних систем ДЧ-сигналів над довільним полем . Розроблено нові регулярні правила синтезу повних класів лінійних і нелінійних оптимальних і композиційних систем ДЧ-сигналів як на основі повних форм арифметичних таблиць множення в простих і розширених полях Галуа, так і на основі методу власної децимації. Об'єм повних класів оптимальних систем ДЧ-сигналів над полем складає , об'єм лінійних класів оптимальних систем ДЧ-сигналів визначається функцією Ейлера , тому повні класи забезпечують підвищення завадозахищеності (структурної і параметричної скритності роботи) у разів.  3. Одержала подальший розвиток теорія радіолокаційних ДЧ-сигналів Костаса з оптимальними функціями невизначеності в координатах «дальність – доплерівська частота». Запропоновано низку регулярних правил перетворень симетрії, знайдено нові властивості трикутних різницевих матриць оптимальних кодувальних послідовностей і на цій основі розроблено конструктивні методи синтезу повних класів (лінійних і нелінійних) оптимальних радіолокаційних ДЧ-сигналів довільної довжини . Повні класи зондувальних радіолокаційних сигналів дозволяють істотно підвищити завадозахищеність (енергетичну і параметричну скритність) систем добування інформації. Наприклад, вперше знайдено, що повний клас сигналів Костаса довжини має об'єм , лінійний клас має об'єм . Тоді при переході на повний клас ДЧ-сигналів Костаса можна збільшити структурну і параметричну скритність роботи радіолокаційних систем пропорційно величині .  4. Вперше створено базові елементи алгебраїчної теорії досконалих двійкових решіток, що полягають у такому: для кожної ДДР порядку, представленої в 4-блоковій формі , знайдено строгий аналітичний зв'язок блоків з опорним блоком ; установлено, що кожна ДДР із необхідністю володіє одним із трьох видів умовної симетрії: горизонтальної, вертикальної і діагональної; на цій основі створена загальна методологія розробки регулярних правил синтезу повного класу ДДР довільного порядку ; для кожної ДДР визначені бінарні кодувальні матриці , що аналітично зв'язують блоки з блоком ; знайдені властивості кодувальних матриць і показано, що бінарні кодувальні матриці являють собою підклас коректувальних кодів постійної ваги (КПВ), або, по-іншому, кодів на одне сполучення , де . Побудовано на основі регулярних та конструктивних правил синтезу повні класи ДДР порядків . Розроблену методологію синтезу ДДР на основі кодувальних матриць зі застосуванням методу обмеженого перебору в рамках опорних блоків можна поширити на інші випадки синтезу ДДР більших порядків.  5. Одержала подальший розвиток теорія БФМ-сигналів на основі ДДР. Це дозволило побудувати ансамблі мінімаксних БФМ-сигналів. Побудовано системи ортогональних БФМ-сигналів на основі ДДР для CDMA-технологій і показано, що основні параметри цих систем ( дисперсія і ексцес) завжди не гірші, а в ряді випадків кращі, ніж у похідних систем на основі ортогональних функцій Уолша. Побудовані ортогональні системи БФМ-сигналів мають винятково привабливу для практики властивість двопетлевого циклічного зсуву. Жодна з відомих раніше ортогональних систем БФМ-сигналів таку властивість не має.  6. Вперше створена методологія побудови швидких алгоритмів та економічних схем прямого обчислення у часовій площині кругових згорток (кореляцій) на основі урахування структурних властивостей часової і частотної циклічності та інформаційної надлишковості дискретних шумоподібних сигналів. Розроблений рекурентний алгоритм ковзного обчислення кругових згорток (кореляцій) і побудовані економічні схеми ковзного кореляційного декодування (ККД) довільних класів циклічних кодів. Показано, що апаратурна складність ККД-декодера біциклічних кодів БЧХ максимальної довжини досягає мінімально можливих значень питомих (відносних) коефіцієнтів складності: і , де і кількість суматорів і комірок пам'яті, необхідних для реалізації декодера, об'єм коду максимальної довжини. Для порівняння відзначимо, що декодер ортогональних кодів довжини на основі алгоритму швидкого перетворення Уолша має гірші значення коефіцієнтів питомої складності: , .  7. Розроблений рекурентний алгоритм ковзного обчислення кругових згорток (кореляцій) і побудовані економічні схеми ККД-декодерів запропонованих ортогональних -кодів на основі ДДР, що мають властивість двопетлевого циклічного зсуву. Показано, що питомі коефіцієнти апаратурної складності побудованого СКД-декодера також мають менші значення ніж у декодера на основі ШПУ і дорівнюють: , . При цьому в схему ККД-декодера необхідно ввести додатково ключів для комутації результатів проміжних обчислень.  8. Одержали подальший розвиток конструктивні методи синтезу компактних і гранично-компактних ЧЧМ-сигналів з пасивними паузами на основі запропонованого принципу максимального-правдоподібного шляху перебору числових трикутників. Це дозволило побудувати нові системи компактних і гранично компактних ЧЧМ-сигналів, а в ряді випадків поліпшити параметри відомих ЧЧМ-сигналів (зменшити часову базу). Ці класи сигналів широко застосовують для побудови асинхронних адресних систем зв'язку з кодовим розділенням каналів.  9. На основі теорії досконалих різницевих множин знайдена оцінка нижньої границі максимальних бічних пелюстків кореляційних функцій складених ЧЧМ-сигналів із властивістю щільного упакування , де загальне число елементарних позицій, вага парціального кодового слова. На основі теорії алгебраїчних полів Галуа розроблений конструктивний метод синтезу ансамблів двійкових і трійкових складених сигналів із властивістю щільного упакування рівноважних та нерівноважних парціальних сигналів. Побудований клас ЧЧМ-сигналів має оптимальне значення пік-фактора , добрі взаємокореляційні властивості парціальних сигналів, є багатопараметричним.  10. На основі розробленого класу ЧЧМ-сигналів із властивістю щільного упакування запропонована нова цифрова технологія завадозахищених телекомунікацій, що дозволяє здійснити нерівний захист символів пакету від впливу завад, наприклад, старші розряди мовних пакетів передаються більшим числом активних імпульсів, тобто дозволяє виявляти і виправляти помилки в старших розрядах усіх кодових слів, і, нарешті, запропонована технологія дозволяє ефективно боротися з корельованими (пакетними) завадами. У цьому складається принципова відмінність запропонованої технології від широко відомої в літературі технології систем зв'язку типу BLADES. | |