Анализ эффективности обнаружения когерентных сигналов

УДК 621.396.969

Д.И. ПОПОВ, профессор кафедры радиотехнических систем ФГБОУ ВО "Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина" доктор технических наук

Анализ эффективности обнаружения когерентных сигналов
Analysis of the effectiveness of coherent signal detection

В статье рассматриваются цифровые системы обработки сигналов движущихся целей на фоне пассивных помех, осуществляющие когерентное режектирование с последующим некогерентным накоплением остатков режектирования.

В качестве режекторного фильтра рассматривается рекурсивный фильтр, в котором для сокращения времени переходного процесса используется перестройка его структуры путем коммутации обратных (рекурсивных) связей. Предметом исследования являются характеристики обнаружения цифровых систем обработки сигналов на основе рекурсивных режекторных фильтров перестраиваемой и фиксированной структуры.

Получены выражения для элементов корреляционных матриц на выходе рекурсивных режекторных фильтров перестраиваемой структуры в переходном режиме и на выходе рекурсивных режекторных фильтров фиксированной структуры в установившемся режиме. Корреляционные матрицы на выходе рекурсивных режекторных фильтров являются исходными при последующем анализе характеристик обнаружения цифровых систем обработки сигналов.

Проведенный анализ характеристик обнаружения цифровых систем обработки сигналов в переходном и установившемся режимах показал, что переходные процессы рекурсивных режекторных фильтров фиксированной структуры существенно снижают эффективность системы, а перестройка структуры рекурсивных режекторных фильтров позволяет избежать соответствующих потерь, приблизившись к эффективности системы в установившемся режиме.

The article discusses digital signal processing systems for moving targets against the background of passive interference, which carry out coherent cutting followed by incoherent accumulation of cutting residues.

A recursive filter is considered as a rejection filter, which uses a restructuring of its structure by switching reverse (recursive) connections to reduce the time of the transition process. The subject of the study is the detection characteristics of digital signal processing systems based on recursive rejection filters of tunable and fixed structure.

Expressions are obtained for the elements of correlation matrices at the output of the recursive rejection filters of a tunable structure in the transient mode and at the output of the recursive rejection filters of a fixed structure in the steady state. The correlation matrices at the recursive rejection filters output are the initial ones for the subsequent analysis of the detection characteristics of digital signal processing systems.

The analysis of the detection characteristics of digital signal processing systems in transient and steadystate modes has shown that transients in fixed-structure recursive rejection filters significantly reduce the efficiency of the system, and restructuring the recursive rejection filters structure avoids corresponding losses, approaching the efficiency of the system in steady-state mode.

Ключевые слова: переходный режим, сигналы, системы обработки, рекурсивные режекторные фильтры, пассивные помехи, характеристики обнаружения.

Keywords: *transient mode, signals, processing systems, recursive rejection filters, passive interference, detection characteristics.*

Введение

При проектировании радиолокационных систем одной из актуальных и трудных неизменно остается проблема обработки и выделения сигналов движущихся целей на фоне пассивных помех [1] — [4]. Пассивные помехи в виде мешающих отражений от неподвижных или медленно перемещающихся объектов — местных предметов, поверхности суши, моря, гидрометеоров (облаков, дождя, града, снега) и металлизированных отражателей, сбрасываемых для маскировки цели, существенно нарушают нормальную работу радиолокационных систем различного назначения при обнаружении и измерении координат движущихся целей [5] — [9].

Основной операцией обработки принятых данных при обнаружении сигналов движущихся целей на фоне пассивных помех является режектирование спектральных составляющих помехи.

Статью целиком читайте в бумажной версии журнала

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ КОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF COHERENT SIGNAL DETECTION

УДК 621.396.969

Попов Дмитрий Иванович (доктор технических наук)
(ФГБОУ ВО "Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина")

В статье рассматриваются цифровые системы обработки сигналов движущихся целей на фоне пассивных помех, осуществляющие когерентное режектирование с последующим некогерентным накоплением остатков режектирования.

В качестве режекторного фильтра рассматривается рекурсивный фильтр, в котором для сокращения времени переходного процесса используется перестройка его структуры путем коммутации обратных (рекурсивных) связей. Предметом исследования являются характеристики обнаружения цифровых систем обработки сигналов на основе рекурсивных режекторных фильтров перестраиваемой и фиксированной структуры.

Получены выражения для элементов корреляционных матриц на выходе РРФ перестраиваемой структуры в переходном режиме и на выходе рекурсивных режекторных фильтров фиксированной структуры в установившемся режиме. Корреляционные матрицы на выходе РРФ являются исходными при последующем анализе характеристик обнаружения цифровых систем обработки сигналов.

Проведенный анализ характеристик обнаружения цифровых систем обработки сигналов в переходном и установившемся режимах показал, что переходные процессы рекурсивных режекторных фильтров фиксированной структуры существенно снижают эффективность системы, а перестройка структуры рекурсивных режекторных фильтров позволяет избежать соответствующих потерь, приблизившись к эффективности системы в установившемся режиме.

The article discusses digital signal processing systems for moving targets against the background of passive interference, which carry out coherent cutting followed by incoherent accumulation of cutting residues.

A recursive filter is considered as a rejection filter, which uses a restructuring of its structure by switching reverse (recursive) connections to reduce the time of the transition process. The subject of the study is the detection characteristics of digital signal processing systems based on recursive rejection filters of tunable and fixed structure.

Expressions are obtained for the elements of correlation matrices at the output of the recursive rejection filters of a tunable structure in the transient mode and at the output of the recursive rejection filters of a fixed structure in the steady state. The correlation matrices at the RFF output are the initial ones for the subsequent analysis of the detection characteristics of digital signal processing systems.

The analysis of the detection characteristics of digital signal processing systems in transient and steadystate modes has shown that transients in fixed-structure RRFs significantly reduce the efficiency of the system, and restructuring the RRF structure avoids corresponding losses, approaching the efficiency of the system in steady-state mode.

Ключевые слова: переходный режим, сигналы, системы обработки, рекурсивные режекторные фильтры, пассивные помехи, характеристики обнаружения.

Keywords: *transient mode, signals, processing systems, recursive rejection filters, passive interference, detection characteristics.*

Литература

1. Skolnik M.-I. Introduction to Radar System./ 3rd Edition. — New York: McGraw-Hill. 2001. 862 p.
2. Richards M.-A., Scheer J.-A., Holm W.-A. (Eds.). Principles of Modern Radar: Basic Prin-ciples. — New York: SciTech Publishing, IET, Edison. 2010. 924 p.
3. Melvin W.-L., Scheer J.-A. (Eds.). Principles of Modern Radar: Advanced Techniques. — New York: SciTech Publishing, IET, Edison. 2013. 846 p.
4. Справочник по радиолокации/ В 2-х книгах: Книга 1. Под ред. М.И. Сколника. Пер. с англ. под ред. В.С. Вербы. — М.: Техносфера. 2014. 672 с.
5. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. — Киев: КВіЦ. 2000. 428 с.
6. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных радиолокаторах. Методы. Алгоритмы. Аппаратура: Монография/ Под ред. Г.В. Зайцева. — М.: Радиотехника. 2015. 376 с.
7. Драч В.Е., Самбуров Н.В., Чухраев И.В. Математическая модель для анализа эффективности селекции и обнаружения движущихся целей// Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2023. № 86. С. 22 — 31.
8. Паршин Ю.Н., Буй К.В. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов с разделением на пространственный и временной компоненты на фоне комплекса широкополосной и узкополосной помех// Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2025. № 91. С. 3 — 12.
9. Паршин Ю.Н., Шашин Н.А. Оптимизация линейной обработки сигнала на фоне комплекса поляризованных помех// Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2025. № 94. С. 3 — 12.
10. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи/ В 2-х томах: Том 2. Пер. с англ. под ред. Б.Р. Левина. — М.: Советское радио. 1962. 832 с.