

Оптимизация обработки сигналов на фоне помех

УДК 621.391:621.396.96

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

Оптимизация обработки сигналов на фоне помех *Optimizing Signal Processing Against Interference*

Рассмотрены структурные схемы систем квазиоптимальной обработки сигналов при наличии пассивных помех на основе нерекурсивного “режекторного” и многоканального полосового фильтров для непрерывного и дискретного режимов сканирования антенного луча. Предложены методы поэтапной оптимизации нерекурсивного “режекторного” и многоканального полосового фильтров, основанные на экстремальных свойствах характеристических (собственных) чисел матриц. Приведены результаты оптимизации рассматриваемых систем когерентной обработки сигналов.

Установлено, что оптимальный выбор весовых коэффициентов фильтров в зависимости от корреляционных параметров пассивной помехи позволяет приблизиться к эффективности оптимальной системы обработки сигналов на фоне пассивных помех.

Structural schemes of quasi-optimal signal processing systems in the presence of passive interference based on non-recursive notch and multichannel bandpass filters for continuous and discrete antenna beam scanning modes are considered. Methods of step-by-step optimization of non-recursive notch and multichannel bandpass filters based on extreme properties of characteristic (eigenvalues) of matrices are proposed. The results of optimization of the considered coherent signal processing systems are presented.

It has been found that the optimal choice of filter weights depending on the correlation parameters of passive interference makes it possible to approach the efficiency of an optimal signal processing system against the background of passive interference.

Ключевые слова: квазиоптимальная обработка, оптимизация, сигналы, пассивные помехи.
Keywords: quasi-optimal processing, optimization, signals, passive interference.

Введение

При проектировании и эксплуатации радиолокационных систем одной из актуальных и трудных неизменно остается проблема обнаружения сигналов движущихся целей на фоне пассивных помех [1] — [4]. Пассивные помехи в виде мешающих отражений от неподвижных или медленно перемещающихся объектов — местных предметов, гидрометеоров (облаков, дождя, града, снега), металлизированных отражателей, сбрасываемых с целью маскировки движущихся объектов, и других — существенно нарушают нормальную работу радиолокационных систем [5] — [7].

Интенсивность пассивных помех может значительно превышать уровень собственных шумов приемника, что приводит к перегрузкам приемного тракта (ослеплению радиолокатора) и, как следствие, потере полезных сигналов. Однако даже при отсутствии перегрузок полезный сигнал может быть потерян или вообще не обнаружен на фоне интенсивных мешающих отражений. Отсутствие априорной информации о спектрально-корреляционных характеристиках помех, а также их

неоднородность и нестационарность в зоне обзора существенно затрудняют реализацию эффективного “режектирования” помехи и обнаружения движущихся целей на фоне ее остатков, что стимулирует инновационное развитие радиолокационных систем и методов обработки радиолокационных сигналов [7] — [10].

Оптимальная обработка когерентно-импульсных сигналов на фоне пассивных помех включает матричную фильтрацию обрабатываемых отсчетов с последующим многоканальным когерентным суммированием (накоплением) результатов матричной фильтрации [9]. При марковских аппроксимациях помехи матричный фильтр преобразуется в векторный нерекурсивный “режекторный” фильтр (НРФ), приводя к традиционной квазиоптимальной структуре “нерекурсивный “режекторный” фильтр — многоканальный полосовой фильтр (МПФ)” [9]. В случае произвольных корреляционных свойств помехи характеристики НРФ и МПФ должны быть оптимизированы с целью повышения и приближения эффективности системы квазиоптимальной обработки к эффективности системы оптимальной обработки. Решение данной задачи является целью настоящей статьи.

**Статью целиком читайте
в бумажной версии журнала**

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПОМЕХ
OPTIMIZING SIGNAL PROCESSING AGAINST INTERFERENCE

УДК 621.391:621.396.96

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

Рассмотрены структурные схемы систем квазиоптимальной обработки сигналов при наличии пассивных помех на основе нерекурсивного "режекторного" и многоканального полосового фильтров для непрерывного и дискретного режимов сканирования антенного луча. Предложены методы поэтапной оптимизации нерекурсивного "режекторного" и многоканального полосового фильтров, основанные на экстремальных свойствах характеристических (собственных) чисел матриц. Приведены результаты оптимизации рассматриваемых систем когерентной обработки сигналов.

Установлено, что оптимальный выбор весовых коэффициентов фильтров в зависимости от корреляционных параметров пассивной помехи позволяет приблизиться к эффективности оптимальной системы обработки сигналов на фоне пассивных помех.

Structural schemes of quasi-optimal signal processing systems in the presence of passive interference based on non-recursive notch and multichannel bandpass filters for continuous and discrete antenna beam scanning modes are considered. Methods of step-by-step optimization of non-recursive notch and multichannel bandpass filters based on extreme properties of characteristic (eigenvalues) of matrices are proposed. The results of optimization of the considered coherent signal processing systems are presented.

It has been found that the optimal choice of filter weights depending on the correlation parameters of passive interference makes it possible to approach the efficiency of an optimal signal processing system against the background of passive interference.

Ключевые слова: квазиоптимальная обработка, оптимизация, сигналы, пассивные помехи.

Keywords: quasi-optimal processing, optimization, signals, passive interference.

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 Principles. — 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 кн./ Кн. 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: КВиЦ, 2000. 428 с.
6. Попов Д.И. Анализ эффективности режекторных фильтров// Вестник Рязанской государственной радиотехнической академии. 2003. Вып. 11. С. 105 — 107.
7. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных радиолокаторах. Методы. Алгоритмы. Аппаратура: Монография/ Под ред. Г.В. Зайцева. — М.: Радиотехника. 2015. 376 с.
8. Клочко В.К. и др. Алгоритмы определения координат движущихся целей на базе многоканальной доплеровской РЛС// Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 53. С. 3 — 10.
9. Попов Д.И. Адаптивное обнаружение сигналов на фоне пассивных помех// Вестник НТУУ "КПИ". Серия "Радиотехника. Радиоаппаратостроение". 2017. № 70. С. 5 — 10.
10. Клочко В.К., Кузнецов В.П., Ву Ба Хунг. Оценивание параметров радиосигналов от подвижных маловысотных объектов// Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2022. № 80. С. 12 — 23.
11. Попов Д.И. Оптимизация систем обработки когерентных сигналов// Вестник связи. 2024. № 11. С. 1 — 7.
12. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. — М.: Наука. 1988. 552 с.