

ИЗМЕРИТЕЛЬ РАЗМЕРНОСТИ ФРАКТАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Ю. Г. Даник,

доктор технических наук, Харьковский военный университет, Харьков

Д. Я. Яцкив,

кандидат физико-математических наук,

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев

Надійшла до редакції 27.04.04

Резюме: Розглянуто вимірювач фрактальної розмірності, що дозволяє автоматизувати процес визначення розмірності сигналу, відбитого від фрактального об'єкта. Описано роботу пристрою при реалізації за допомогою цифрової елементної бази.

Резюме: Предложена структура измерителя размерности сигнала, отраженного от фрактального объекта (поверхности).

Abstract: Is considered gauge fractal dimensions allowing to automate process of definition dimension of a signal, reflected from fractal of object. The work of the device is described at realization with the help of digital element base.

Ключевые слова: фрактальный, сигнал, измеритель, размерность.

Постановка проблемы. В настоящее время не существует приборов, дающих на выходе сигнал, пропорциональный фрактальной размерности, хотя существуют электрооптические методы, позволяющие определить подход к решению данной проблемы [1]. В численных и физических экспериментах фрактальные размерности находят путем использования метода дискретизации сигналов с последующей обработкой данных на ЭВМ. Кроме этих методов для оценки размерности сигналов можно применить метод сравнения сигналов с известной и неизвестной размерностями. Этот метод предполагает перемножение или суммирование (вычитание) сигналов и реализуется путем корреляционной

или аддитивной обработки. При этом следует отметить, что при таких видах обработки оценка размерности сигнала, отраженного от фрактального объекта, базируется на том факте, что опорный сигнал с известной размерностью генерируется динамической системой конечной размерности с хаотическим поведением [2, 3].

Анализ литературы. Вопросам теоретического и экспериментального анализа, и, в частности, оценке фрактальной размерности сигналов, которая необходима для описания физического поведения исследуемых объектов, посвящено ряд работ [1–4]. Эти работы свидетельствуют об актуальности проблемы измерения параметров фрактальных сигналов.



Рис. 1 Многоканальный измеритель фрактальной размерности

В радиолокации известны различные способы построения измерителей с неизвестным значением какого-либо параметра [5]. В частности, к таким измерителям относится многоканальный измеритель, каждый канал которого согласован с конкретным значением такого параметра. При этом количество каналов определяется диапазоном изменения параметра и, как следствие, точностью его измерения.

Таким неизвестным параметром в системе многоканальной обработки фрактального сигнала является размерность.

Цель статьи рассмотреть структуру измерителя неизвестной размерности сигнала, отраженного от фрактального объекта (поверхности), а также показать, что в результате корреляционной обработки отраженного сигнала и опорного фрактального сигнала, генерируемого фрактальным генератором, можно оценить размерность сигнала, отраженного от фрактального объекта (поверхности).

Структура многоканального измерителя неизвестной размерности фрактального сигнала

На рис. 1 показана структурная схема многоканального измерителя, позволяющая оценить размерность неизвестного фрактально-го сигнала.

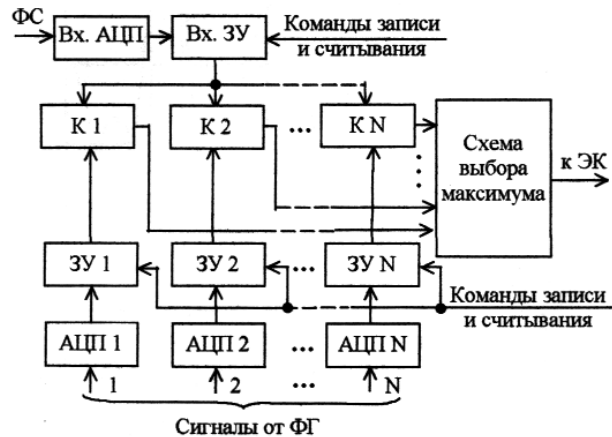


Рис. 2. Устройство выбора фрактального генератора

Измеритель содержит полосовой фильтр (ПФ), N фрактальных генераторов (ФГ), каждый из которых генерирует опорный фрактальный сигнал с определенной размерностью (сигнал с известной фрактальной размерностью). Количество фрактальных генераторов (N) зависит от необходимой точности измерения фрактальной размерности. Десять фрактальных генераторов ($N = 10$) позволяют обеспечить точность измерения фрактальной размерности равную одной десятой. Устройство выбора ФГ в результате корреляционной обработки отраженного от фрактального объекта (поверхности) сигнала (ФС) (дифракта) и опорного фрактального сигнала определяет номер канала, который в данный момент обработки соответствует максимуму корреляционной функции.

Электронный коммутатор (ЭК) подключает фрактальный генератор, соответствующий максимуму корреляционной функции, ко входам устройств оценки фрактальной размерности и отображения фрактального сигнала. В устройстве оценки фрактальной размерности по номеру подключенного ФГ оценивается размерность отраженного от фрактального объекта сигнала. Этим завершается цикл оценки размерности сигнала.

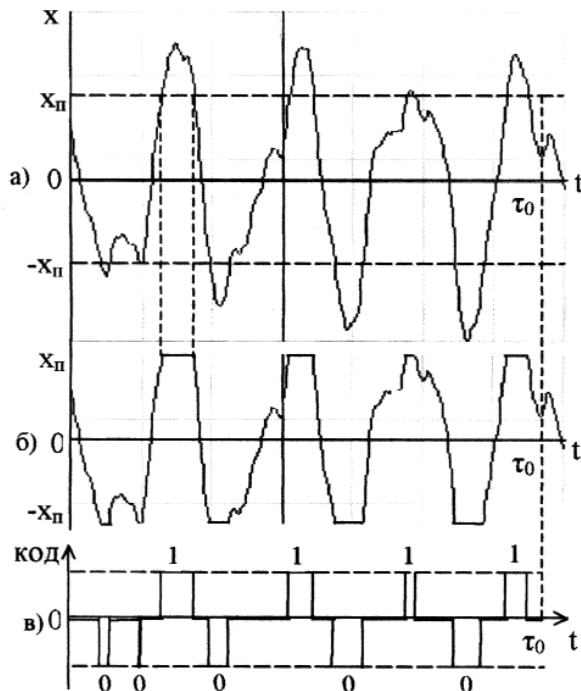


Рис. 3. Работа АЦП

Форму фрактального сигнала можно наблюдать в устройстве отображения фрактального сигнала.

Структурная схема устройства выбора фрактального генератора приведена на рис. 2.

Устройство выбора ФГ состоит из N парциальных каналов, имеющих одинаковую структуру. В состав парциального канала входят последовательно соединенные аналого-цифровой преобразователь (АЦП), запоминающее устройство (ЗУ) и коррелятор (К). На второй вход коррелятора одновременно через входное запоминающее устройство (Вх. ЗУ) поступает сигнал, отраженный от фрактального объекта (поверхности), предварительно преобразованный в цифровую форму (Вх. АЦП).

Отраженный от фрактального объекта сигнал (рис. 3, а) преобразуется в АЦП в по-



Рис. 4. Временная диаграмма, описывающая работу многоканального измерителя фрактальной размерности

следовательность символов, взаимно связанных с поведением сигнала (рис. 3, б). Такая последовательность является последовательностью положительных и отрицательных пиков фрактального сигнала, превышающих по амплитуде пороговую величину $x_{\text{пор}}$. Ставя в соответствие положительным пикам, превышающим порог символ "1", а отрицательным – символ "0".

Фрагмент фрактального сигнала длительностью τ_0 можно представить на выходе АЦП в виде последовательности $R(0, 1)$ – 001010101 (рис. 3, в). Полученный цифровой фрактальный сигнал записывается во вход-

ное ЗУ. Аналогичным способом преобразуется в цифровую форму опорные сигналы фрактальных генераторов.

Работа многоканального измерителя неизвестной размерности фрактального сигнала

Временная диаграмма, описывающая работу многоканального измерителя фрактальной размерности сигнала, изображена на рис. 4.

Парциальные каналы устройства выбора ФГ ведут параллельно корреляционную обработку фрактальных сигналов в реальном масштабе времени. Входное запоминающее устройство ведет запись выходной информации АЦП, который преобразует аналоговый фрактальный сигнал в цифровой код. Одновременно запоминающие устройства $ZU_1...ZU_N$ ведут запись выходной информации АЦП, преобразующих сигналы фрактальных генераторов в цифровой код. После истечения определенного времени, обусловленного временными характеристиками ЗУ (временной выборки адреса, исчисляемого с момента выдачи адреса до установления выходного кода, временем записи и временем цикла записи-считывания), начинается корреляционная обработка информации в результате считывания ее из ЗУ на входы цифровых корреляторов. Результаты корреляционной обработки с выходов корреляторов поступают на схему выбора максимального значения корреляционного напряжения, которое управляет электронным коммутатором. Коммутатор подключает фрактальный генератор, соответствующий максимуму корреляционной функции, к входам устройства

оценки фрактальной размерности и отображения фрактального сигнала. В устройстве оценки фрактальной размерности по номеру подключенного ФГ оценивается размерность отраженного от фрактального объекта сигнала. Этим завершается цикл оценки размерности сигнала.

Выводы. Рассмотренный многоканальный измеритель позволяет оценивать размерность сигнала, отраженного от фрактального объекта (поверхности). Необходимо отметить, что современная элементная база АЦП, ЗУ, цифровых корреляторов позволяет реализовать корреляционную обработку с целью получения информации о фрактальной размерности сигналов, отраженных от фрактальных объектов, а схема многоканального измерителя фрактальной размерности может быть реализована с помощью цифровой элементной базы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Потапов А. А.** Фракталы в дистанционном зондировании земли // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 2000. – № 6. – С. 3–66.
2. **Неймарк Ю. И., Ланда П. С.** Стохастические и хаотические колебания. – М.: Наука, 1987. – 424 с.
3. **Дмитриев А. С., Кислов И. Я.** Стохастические колебания в радиофизике и электронике. – М.: Наука, 1989. – 278 с.
4. **Потапов А. А.** Фракталы в радиофизике и радиолокации. Фрактальный анализ сигналов // Радиотехника и электроника. – 2001. – № 3. – С. 261–271.
5. **Ширман Я. Д., Манжос В. Н.** Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.