

## 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 проблеми.** 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.

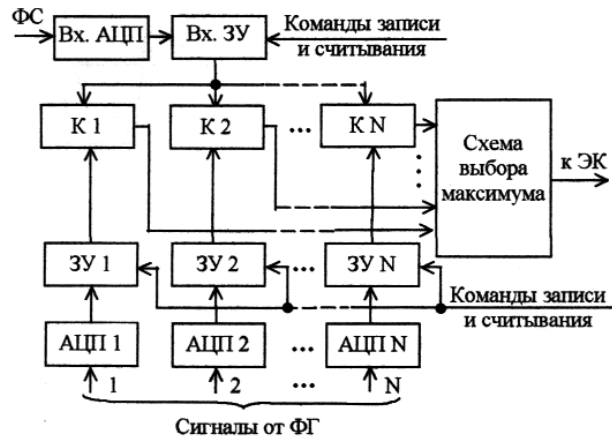


Рис. 2. Устройство выбора фрактального генератора

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 ( $\Phi C$ ) (дифракталя) 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.

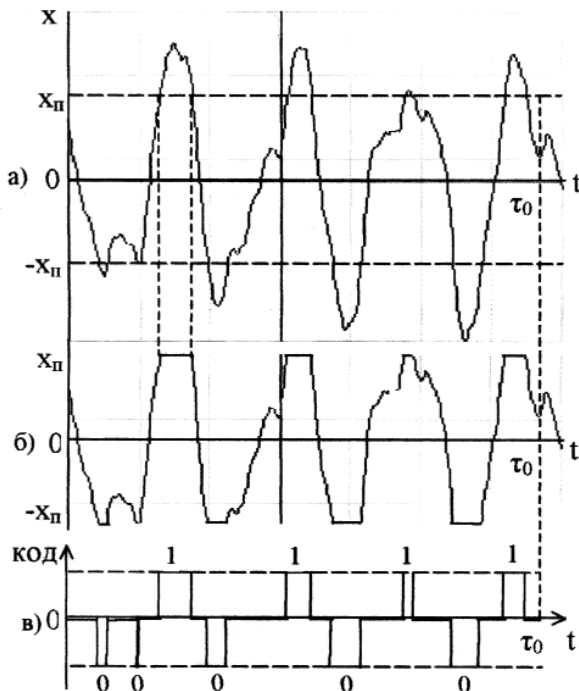


Рис. 3. Работа АЦП

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

Фрагмент фрактального сигнала длительностью  $\tau_0$  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  $ZУ_1...ZУ_N$  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-считывание), 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.