

УДК 621.37: 621.391

**П.А. ПЕТРОВ, А.В. СМІРНОВ** (канд. техн. наук)  
 Государственное высшее учебное заведение  
 «Донецкий национальный технический университет»  
[petrov-pavel@bigmir.net](mailto:petrov-pavel@bigmir.net), [smirnov\\_dntu@ukr.net](mailto:smirnov_dntu@ukr.net)

## ИНЖЕНЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНОК ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

*Создание современных радиотехнических и радиофизических устройств невозможно без учета случайных процессов, протекающих в них. Достаточно подробное описание случайных процессов применительно к большому кругу задач, встречающихся в радиотехнике, технической кибернетике и др. прикладных областях науки и техники, представлены в технической литературе. Целью данных исследований является описание, разработка и оценка возможности инженерной реализации обнаружителя радиосигналов на основе алгоритма оценок функции распределения вероятностей.*

**Ключевые слова:** обнаружитель радиосигналов, коллективное решающее правило, случайные процессы, нелинейное безынерционное преобразование, распределение вероятностей, одномерные функции распределения, пороговое устройство.

Методика экспериментального исследования случайных процессов является более сложной, чем методика исследования регулярных процессов. Это объясняется в основном двумя обстоятельствами: для достаточно полной характеристики случайного процесса необходимо знать большое число различных параметров; практически затруднительно выполнять измерения отдельного параметра без учета комплексного влияния других (мешающих) параметров.

Экспериментальное определение одномерных функций распределения  $F(y)$  наиболее просто осуществляется для стационарных эргодических случайных процессов. В дальнейшем предполагается, что исследуемый процесс на входе обнаружителя стационарный (благодаря действию эффективной системы АРУ) и эргодический (т.е. его при анализе можно по множеству заменить усреднением по времени  $T$  (время анализа, обнаружения)). Тогда значение оценок функции распределения приблизительно равно:

$$F^*(y) \approx \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (1)$$

где:  $\tau_i$  – суммарное время нахождения реализации случайного процесса  $y(t)$  ниже уровня  $y_i$ ;  $T$  – анализа (обнаружения);  $F^*(y)$  – оценка функции распределения;  $n$  – число импульсов  $\tau_i$ .

На рис.1 демонстрируется оценка  $F^*(y)$ .

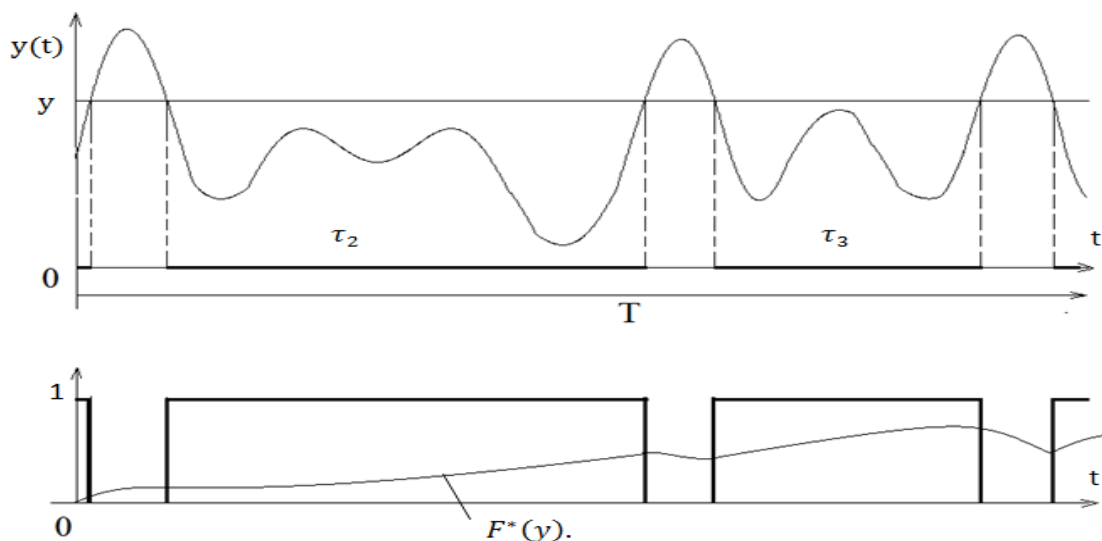


Рисунок 1 - Получение оценок  $F^*(y)$  классическим методом по (1)

В случае использования прямого измерения времени пребывания исследуемой реализации  $y(t)$  ниже уровня анализа  $y$ , эта реализация преобразуется в последовательность прямоугольных импульсов  $\eta(t)$  единичной амплитуды и случайной длительности  $\tau_i$ . Преобразование  $\eta(t)$  записывается следующим образом:

$$\eta_i = \begin{cases} 1 & \text{при } y_i \leq y \\ 0 & \text{при } y_i > y \end{cases} \quad (2)$$

Тогда площадь, занимаемая всеми прямоугольными импульсами, численно равна суммарному времени пребывания реализации ниже заданного уровня:

$$\sum_{i=1}^n \tau_i = \int_0^T \eta(t) dt, \quad (3)$$

В результате выражение для оценки функции распределения принимает вид:

$$F^*(y) = \frac{1}{T} \int_0^T \eta(t) dt, \quad (4)$$

Нелинейное безынерционное преобразование  $\eta(t)$  (2) нетрудно осуществить с помощью соответствующих ограничителей амплитуд и пороговых устройств.

Второй способ определения  $F^*(y)$  основан на счете числа квантованных по уровню  $y$  и длительности импульсов.

Для этого непрерывная реализация  $y(t)$  сначала преобразуется с помощью импульсного модулятора в дискретную последовательность  $y_i$  и затем подается на пороговое устройство с уровнем  $y$ . Тогда отношение числа импульсов  $\eta_y$ , не превышающих порог, к общему числу импульсов  $n$ , соответствующих времени  $T$ , численно равно оценке функции распределения  $F^*(y)$ :

$$F^*(y) = \frac{\eta_y}{n} \quad (5)$$

Общее число импульсов связано с временем анализа соотношением:

$$n = \frac{T}{T_n}, \quad (6)$$

где:  $T_n$  – период повторения импульсов на выходе импульсного модулятора.

Число импульсов  $\eta_y$ , которые не превысили порог  $y$ , можно представить в виде суммы единичных импульсов:

$$\eta_y = \sum_{i=1}^n \eta_i, \quad (7)$$

где:

$$\eta_i = \begin{cases} 1 & \text{при } y_i \leq y \\ 0 & \text{при } y_i > y \end{cases} \quad (8)$$

Тогда оценка  $F^*(y)$  запишется в виде:

$$F^*(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i, \quad (9)$$

Количество импульсов  $\eta_y$  и  $n$  определяется с помощью различных счетных устройств дискретного типа (микропроцессоры, ЭВМ). При практической реализации измерителей функции распределения случайного процесса наибольшее распространение получили аналоговые амплитудные анализаторы АИ-256 и АИ-1024, имеющие соответственно 256 и 1024 каналов. Недостаток этих приборов – их сложность и большие массогабариты. Общие функциональные схемы этих приборов изображены на рис.2.

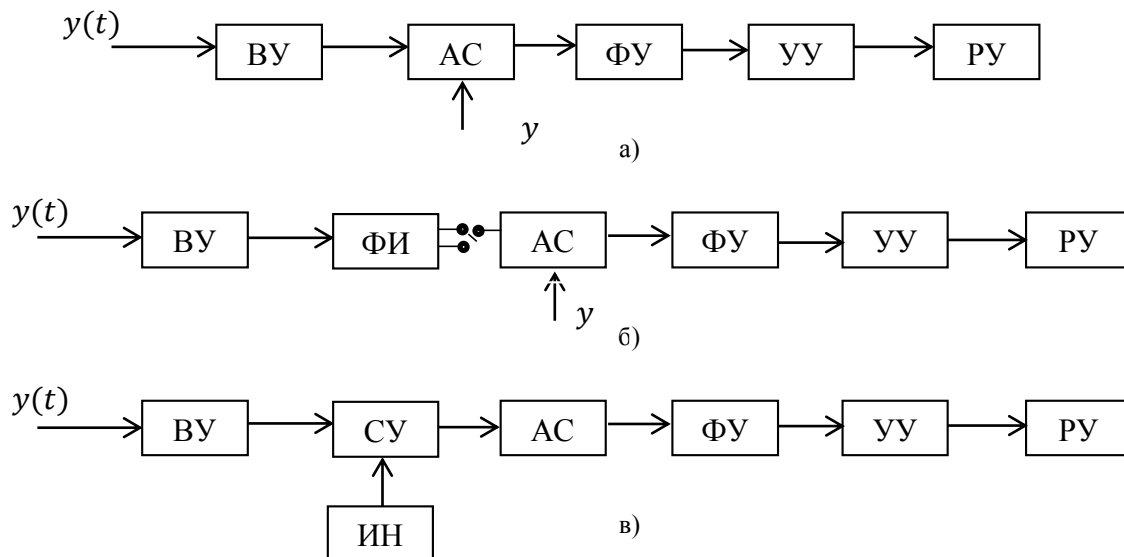


Рисунок 2. Функциональные схемы аналоговых анализаторов распределения вероятностей

На схемах рис.2 введены следующие обозначения: ВУ – входное устройство; АС – амплитудный селектор; ФИ – фазовый инвертор; СУ – суммирующее устройство; ИН – источник постоянного напряжения; ФУ – формирующее устройство; УУ – усредняющее устройство; РУ – регистрирующее устройство

На схеме рис. 3 представлена схема цифрового варианта анализатора распределения вероятностей .

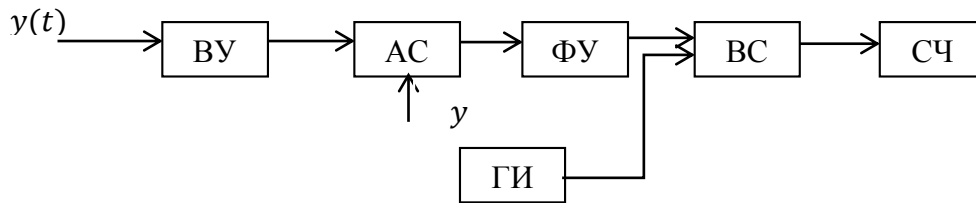


Рисунок 3. Упрощенная структурная схема аналого-цифрового анализатора распределения вероятностей.

На схеме рис.3. введены обозначения: ВС – временной селектор; ГИ – генератор счетных импульсов; СЧ - счетчик импульсов.

Структурная схема цифрового анализатора распределения вероятностей приведена на рис.4

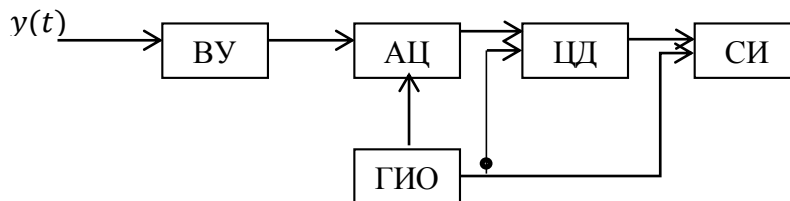


Рисунок 4. Структурная схема цифрового анализатора распределения вероятностей

На рис.4 введены новые обозначения: АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ГИО – генератор импульсов опроса; ЦД – цифровой дискриминатор; СИ – счетчик импульсов (частотомер).

### Выводы.

Известные устройства для анализа  $F(y)$  не предназначены для их непосредственного применения в предлагаемом обнаружителе:

1. Они достаточно громоздкие и дорогие;
2. Имеют множество каналов (до 1024), которые не будут использованы в обнаружителе;
3. Многие из них не имеют цифрового выхода оценок  $F^*(y)$  для их подачи на ПУ предложенного обнаружителя;
4. Кроме того, у них наблюдается существенный дрейф уровней анализа  $y$ , который сведет на нет используемый информативный признак распознавания.

Поэтому, для решения поставленной задачи на практике, необходим современное цифровое РПрУ. Информация об конкретной реализации  $y(t)$  в цифровом виде поступает далее на специализированную программу микропроцессорной системы или микро ЭВМ. Там производится решение есть ли в данной реализации сигнала  $x(t)$  или его нет.

Моделирование такого устройства в системе Electronics Workbench (EWB), Micro-Cap, PSpice или др. возможно, но требует выполнения достаточно больших объемов исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров П.А., Смирнов А.В. Характеристики обнаружителя радиосигналов на основе оценок функции распределения вероятностей. Материалы первого Всеукраинского научно-практического форума «Телекоммуникации, автоматика и компьютерно-интегрированные технологии» (ТАК-2015) ДонНТУ, г Красноармейск, — С. 22 – 26. (электронная версия на CD).
2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. –М.: Сов. радио, 1966. - 678с.
3. Жовчинский А.Н., Жовчинский В.Н. Анализ случайных процессов. – М.: Энергия, 1979. – 112с.
4. Горелик А.Л., Барабаш Ю.Л, Кривошеев О.В. и др. Селекция и распознавание на основе локационной информации. – М.: Сов. радио, 1990. – 240с.

#### REFERENCES

1. Petrov P.A. and Smirnov A.V. (2015), "Features radio detector based on estimates of the probability distribution function", *Materiali pervogo vseukrainskogo nauchno-prakticheskogo foruma "Telekomunikacii, avtomatika i komputerno-integrirovannue tehnologii"* (TAK-2015) [Materials of the first All-Ukrainian scientific-practical forum "Telecommunications, automation and computer-integrated technologies"] Krasnoarmeysk, DonNTU, pp. 22 – 26.
2. Tihonov V.I. (1966), *Statisticheskaj radiotekhnika* [Statistical radioengineering], Sov. radio, Moscow, USSR.
3. Jovchinskij A.N. and Jovchinskij V.N. (1979), *Analiz slychainuh prochesov* [Analysis of random processes], Energia, Moscow, USSR.
4. Horelik A.L, Barabash U.L., Krivosheev O.V. and other. (1990), *Selekcja i raspoznavania na osnove locacionoi informacii* [Selection and identification based on radar information], Sov. radio, Moscow, USSR.

*Надійшла до редколегії 01.12.2015*

*Рецензент: Артюх С.Ф.*

P. PETROV, A. SMIRNOV

State Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University»

**Engineering implementation of detection radar based on the algorithm of probability distribution function.**

Creation of modern radio and radio physical devices is impossible without taking into account the random processes occurring in them. Sufficiently detailed description of random processes in relation to a wide range of problems encountered in electronics, engineering cybernetics and others is provided in technical literature. The purpose of this research is to describe, develop and evaluate the possibility of engineering implementation of radio detector, based on the algorithm of estimations of probability distribution function.

**Key words:** *detector, distribution function, random processes, a collective decision rule, non-linear conversion, probability distribution, one-dimensional distribution function, threshold device.*