

**УМЕНЬШЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АДДИТИВНОЙ ШУМОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ**

Марчук В.И., Шерстобитов А.И., Воронин В.В.

ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА

В работе рассматривается методика уменьшения погрешности выделения полезного сигнала при наличии аддитивной шумовой составляющей, которая имеет односторонний закон распределения. Наличие постоянной систематической составляющей существенно увеличивает погрешность выделения полезного сигнала. Использование предлагаемой методики позволяет устранить систематическую составляющую и уменьшить погрешность выделения в несколько раз. Приводятся результаты имитационного моделирования, которые подтверждают эффективность предложенной методики.

При обработке результатов измерений, представляющих реализацию случайного нестационарного сигнала, выделение полезной составляющей осуществляется при условии, что аддитивная шумовая составляющая является центрированной случайной функцией. Иначе говоря, закон распределения шумовой составляющей является симметричным, значение математического ожидания предполагается равным нулю, а значение дисперсии является постоянным в процессе осуществления измерения исследуемой величины. При невыполнении этих предположений эффективность обработки результатов измерений существенно снижается, а в ряде случаев их недопустимо использовать на практике в связи с высокой погрешностью обработки [1].

Одним из примеров увеличения погрешности обработки является наличие одностороннего закона распределения аддитивной шумовой составляющей. Проявляющая при этом постоянная систематическая погрешность, как правило, не поддается компенсации. В связи с этим погрешность оценки полезного сигнала увеличивается в несколько раз, что не позволяет использовать результаты обработки для практического использования. Особенно это важно при построении автоматизированных систем анализа результатов измерений, когда возможность визуального контроля практически полностью исключена.

Целью данной работы является компенсация систематической погрешности, которая появляется в случае наличия аддитивной шумовой составляющей имеющей односторонний несимметричный закон распределения, например закон Релея, равномерный и ряд других.

Пусть результаты измерений представляют собою последовательность измерений  $\{x_i\}; i = \overline{1, N}$  нестационарного случайного сигнала, который можно представить в виде  $X(t) = S(t) + \eta(t)$ , где  $S(t)$  - полезная составляющая,  $\eta(t)$  - аддитивная шумовая составляющая, распределенная по одностороннему закону с математическим ожиданием  $m \neq 0$  и дисперсией  $\sigma^2$ .

При выделении полезной составляющей полученная оценка имеет постоянную систематическую ошибку, которая равна оценке  $\bar{m}$ . При отсутствии априорной информации о законе распределения, компенсация систематической ошибки  $\bar{m}$  при практических исследованиях представляет достаточно сложную задачу. Предлагаемая методика ее компенсации основана на использовании метода РАЗОЦ [2,3], с помощью которого осуществляется оценка полезной составляющей вместе с оценкой математического ожидания.

Предлагаемая методика компенсации постоянной составляющей заключается в следующем. При одностороннем законе распределения аддитивной шумовой составляющей вероятность появления наименьшего значения случайного процесса зависит от объема исходной реализации результатов измерений. С увеличением объема реализации вероятность появления такого значения весьма велика (рис 1а.). Так как использование метода РАЗОЦ позволяет с высокой точностью оценивать нестационарность по среднему, т.е. оценку математического ожидания как функцию от времени, то разностный процесс (остатки, полученные как разность между оценкой полезного сигнала и входного сигнала, т.е.  $\bar{\eta}(t) = X(t) - \bar{S}(t)$ ) является центрированным процессом. На рис.1а приведен график плотности распределения аддитивной шумовой составляющей  $\eta(t)$ , а на рис.1б график плотности распределения разностного процесса  $\bar{\eta}(t)$ .

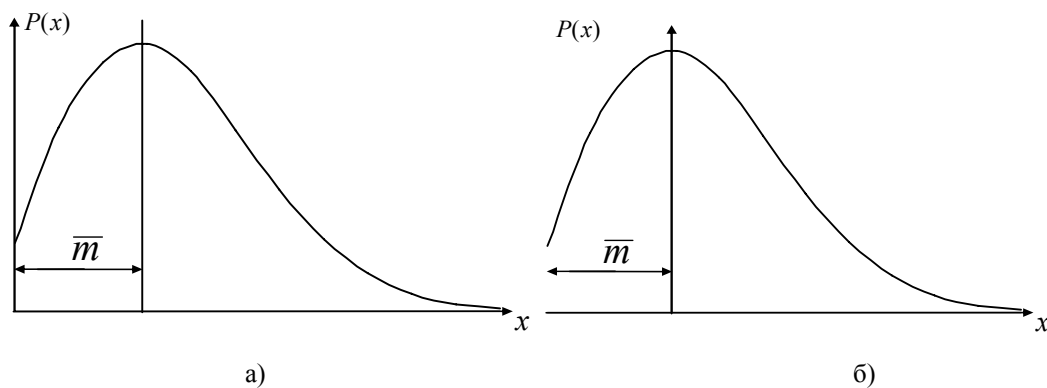


Рис. 1

Определяя минимальное значение разностного процесса, т.е. предполагается, что  $\bar{\eta}_{min} \approx \bar{m}$  аддитивного шума, и осуществляется компенсация оценки полезного сигнала на эту величину. Иначе говоря, чем выше вероятность минимального значения разностного процесса к оценке математического ожидания, тем с большей точностью осуществляется компенсация смещения получаемой оценки.

На Рис.2 приведены результаты моделирования обработки результатов измерений при гармонической модели полезного сигнала и аддитивной шумовой составляющей, которая имеет равномерный закон распределения [0,1]. При этом кривая 1 показывает результаты обработки при значении математического ожидания  $\bar{m} \neq 0$ , а кривая - 2 при значении  $\bar{m} = 0$ .

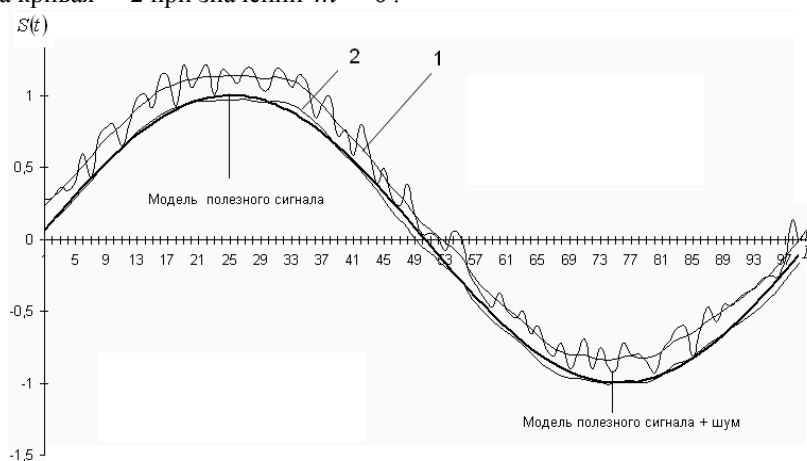


Рис. 2

Анализ полученных зависимостей показывает, что при обработке результатов измерений с  $\bar{m} \neq 0$  приводит к смещению полученной оценки полезной составляющей на  $\bar{m}$ .

На рис. 3 показаны зависимости среднеквадратической ошибки выделения полезной составляющей  $\sigma_{ош}$  от среднеквадратического отклонения шума  $\sigma_{ш}$ . На рис. 3а и 3б приведены зависимости в случае введения компенсации систематической составляющей ошибки (кривая 2) и без введения компенсации (кривая 1). Зависимости, представленные на рис. 3а, получены, в случае равномерного закона распределения аддитивной шумовой составляющей [0,1], а на рис. 3б - в случае рэлеевского закона распределения.

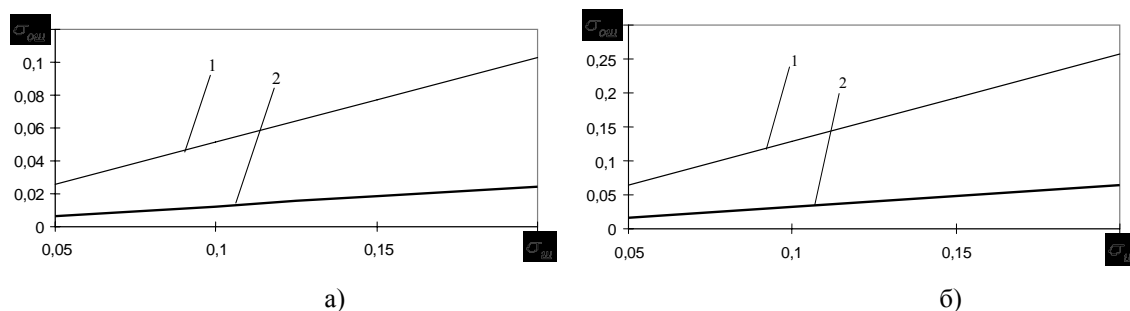


Рис. 3

Проведенный анализ результатов, представленных на рис. 3 показывает, что введение компенсации систематической погрешности результатов измерений приводит к уменьшению погрешности оценки полезной составляющей более чем в 4 раза. Следует отметить, что данное соотношение не зависит от величины дисперсии аддитивной шумовой составляющей. Компенсация значения постоянной составляющей позволяет существенно повысить точность оценки полезного сигнала. Для случая одностороннего рэлеевского закона распределения  $\eta(t)$  (рис. 3б) и равномерного закона распределения  $\eta(t)$  (рис. 3а) характер зависимостей ошибки выделения полезной составляющей не изменяется.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- предложена методика уменьшения погрешности выделения полезного сигнала при наличии аддитивной шумовой составляющей с односторонним законом распределения;
- использование предлагаемого метода позволяет устранить систематическую составляющую и существенно повысить точность оценки полезного сигнала.

#### Литературы

1. Марчук В.И. Первичная обработка результатов измерений при ограниченном объеме априорной информации: Монография / Под ред. К.Е. Румянцева. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. – 160 с.
2. Марчук В.И. Повышение достоверности первичной обработки результатов измерений. в кн. матер. 5-й Международ. конф. /Цифровая обработка сигналов и её применение. – М.: Инсвязьиздат, 2003.
3. Марчук В.И. Повышение достоверности первичной обработки результатов измерений / В.И. Марчук // Измерительная техника. – М., 2003. – № 12. – С.3-5.

*Работа выполнена в рамках ЕЗН Федерального агентства по образованию*

---