

УРОВЕНЬ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ И ПОРОГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА

Тимошенкова Ю.С.¹

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
проспект Мира, 19, Екатеринбург, Свердловская обл., 620002, Россия
тел.: (343) 375-48-48, e-mail: juliatimoshenkova@gmail.com

Аннотация — В статье рассмотрено влияние шума, воздействующего на систему с нелинейным преобразованием сигнала, на выходные характеристики системы. Проведен анализ соотношения сигнал-шум на выходе системы с линейным и нелинейным выделением информационных параметров сигнала. Рассмотрено влияние шумовой полосы линейной части системы и шумовой полосы системы после нелинейного преобразования на соотношение сигнал-шум на выходе системы. Проведена оценка пороговых значений отношения сигнал-шум на входе нелинейной части, ограничивающих область подавления сигнала шумами на ее выходе.

THE LEVEL OF IMPACT NOISE AND THRESHOLD CHARACTERISTICS NONLINEAR ASSESSMENT SIGNAL PARAMETERS

Timoshenkova Y. S.¹

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
pr. Mira, 19, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, 620002, Russian Federation
ph.: 375-48-48, e-mail: juliatimoshenkova@gmail.com

Abstract — Performed an analysis the signal-to-noise ratio at the output of the linear and nonlinear distinguish of the information signal parameters. Examined the influence of the noise bandwidth of the linear part of the system and the noise bandwidth of the system after the nonlinear transformation on the signal to noise ratio at the output of the system. Implemented the estimation of the threshold values of the signal-to-noise ratio at the input of the nonlinear limiting the area of the suppression of noise signal at its output.

I. Введение

Оценка значений информационных параметров сигнала как правило производится с использованием нелинейных методов их преобразования. В результате чего происходит изменение соотношения сигнал-шум на выходе нелинейного устройства, характер которого зависит от вида нелинейного преобразования. В работе анализируется влияние шума на входе системы на изменение соотношения сигнал — шум при нелинейном преобразовании сигнала различного вида.

Цель исследования заключается в анализе изменения соотношения сигнал — шум при нелинейном преобразовании сигнала.

II. Основная часть

Математическое описание процессов в нелинейных системах, в том числе анализ взаимодействия сигнала и шума и вычисление отношения их мощностей, представляет собой весьма сложную задачу, которая как правило решается численными методами или методами математического моделирования, которые и приняты в настоящей работе.

В работе рассматривается информационный процесс, который является узкополосным. Информационный процесс формируемый путем подачи белого шума на формирующий фильтр. Далее к не-му добавляется белый шум, и смесь сигнал плюс шум подается на нелинейный преобразователь (рисунок 1).

Полагается, что информация заключается в флуктуационной составляющей процесса на выходе нелинейного элемента, для выделения которой используется коррелятор, вычисляющий автокорреляционную функцию (АКФ) центрированного процесса с шагом, много меньше интервала корреляции информационного процесса.

Такая обработка сигнала обеспечивает простоту выделения мощности шума. Значения АКФ при нулевом сдвиге равны суммарной мощности сигнала и помехи [2][4].

Когда сдвиг не равен нулю, значения АКФ на достаточно большом интервале усреднения определяются только сигналом, поскольку значения шумовой составляющей в несовпадающие моменты времени некоррелированы и позволяют оценить мощность информационного сигнала.

Вычисления АКФ произведено с использованием формул 1-4. Формулы представляют информационные параметры, такие как амплитуда, удвоенная амплитуда, фаза и удвоенная фаза, в виде совокупности отсчетов мгновенных значений значения синусной и косинусной составляющей сигнала.

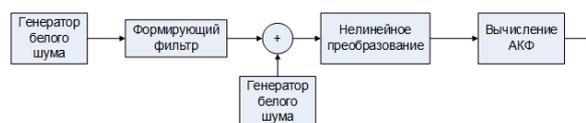


Рис. 1 Структурная схема исследуемой модели

В качестве примера, на рисунке 2, приведена АКФ процесса на выходе нелинейного элемента, обеспечивающего оценку амплитуды сигнала по формуле 1 [5]:

$$U_i = \sqrt{Uc_i^2 + Us_i^2} \quad (1)$$

где U_i — отсчет амплитуды сигнала, Uc_i — отсчет мгновенного значения косинусной составляющей сигнала, Us_i — отсчет мгновенного значения синусной составляющей сигнала.

В качестве информационного параметра системы взяты четыре характеристики сигнала: амплитуда,

квадрат амплитуды, фаза и удвоенная фаза, при различном соотношении сигнал-шум системы

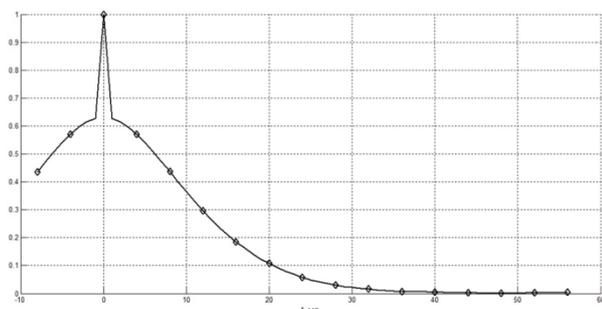


Рис. 2 Вид исследуемой автокорреляционной удвоенной фазы сигнала

Кроме амплитуды в качестве информационного параметра рассматривался ее квадрат, косинус фазы сигнала и косинус удвоенной фазы, вычисляемые по формулам 2-4 [1][3]:

$$U_{2i} = U_{c_i}^2 + U_{s_i}^2 \quad (2)$$

$$C\varphi = \frac{U_{c_i}}{\sqrt{U_{c_i}^2 + U_{s_i}^2}} \quad (3)$$

$$C2\varphi = \frac{U_{c_i}^2 - U_{s_i}^2}{U_{c_i}^2 + U_{s_i}^2} \quad (4)$$

По полученному графику АКФ можно легко определить влияние шума на систему. По пику АКФ вычисляется значение мощности суммы сигнала и шума. На уровне основания пика вычисляется мощность сигнала. Как следствие не составляет труда вычисление мощности шума, воздействующего на систему как разности суммарной мощности и мощности сигнала.

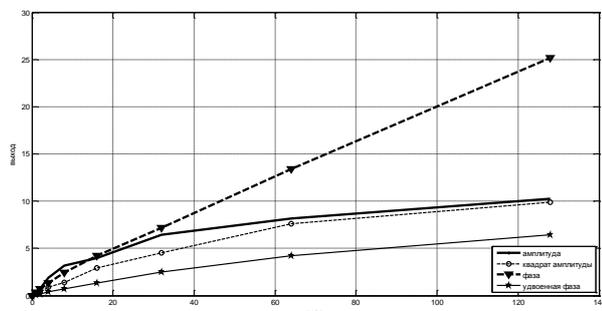


Рис. 3 Зависимость отношения сигнал-шум на входе и выходе нелинейного преобразователя

Особое внимание стоит обратить внимание на интервал, в котором значение входного отношения сигнал шум не превышает 10..20. На рисунке 4 представлен график, отражающий зависимость соотношений сигнал шум на выходе и входе системы для указанного интервала.

На основе реализованной системы было проведено исследование зависимости соотношения сигнал-шум на выходе системы от соотношения сигнал-шум на входе нелинейного преобразователя. На рисунке 3 показаны графики зависимости отношения сигнал-шум на выходе нелинейного преобразователя от соотношения сигнал-шум на его входе для различных информационных параметров сигнала.

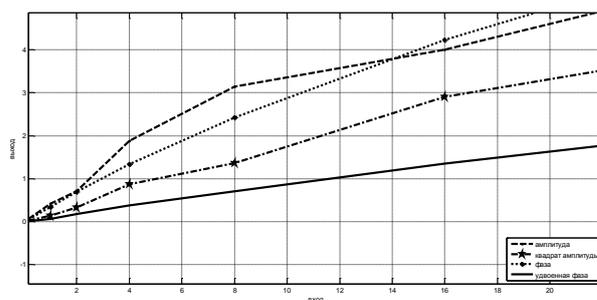


Рис. 4 Зависимость соотношения сигнал-шум на выходе системы от соотношения сигнал шум на входе системы для критического интервала с ограничением 20

Из приведенных графиков видно, что наименьшее уменьшение соотношение сигнал-шум происходит при использовании амплитуды и фазы, для этих случаев в среднем значения ухудшаются не более чем в 2–3 раза. В то время, как использование квадрата амплитуды и удвоенной фазы дает уменьшение соотношения в 4–8 раз. Изменение соотношения сигнал-шум можно назвать проигрышем системы. Для информационных параметров амплитуды и фазы это значение наименьшее, а для квадрата амплитуды и удвоенной фазы — существенно больше.

Стоит отметить, что при значении соотношения сигнал-шум на входе менее 2 проигрыш системы значительно увеличивается.

III. Заключение

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что увеличение уровня помех, определяемого дисперсией случайного входного сигнала, уменьшает полезный сигнал на выходе нелинейного элемента. Для рассматриваемого отрезка пороговых эффектов не наблюдается. Увеличение значения соотношения сигнал-шум на входе системы значительно влияет на такие информационные параметры, как удвоенная фаза и квадрат амплитуды.

При использовании нелинейных методов обработки данного типа необходимо обеспечивать соотношение сигнал-шум на входе не менее 5.

IV. Литература

- [1] Helstrom C. W. Statistical Theory of Signal Detection / C. W. Helstrom // Pergamon Press. — 1968. — 476 p.
- [2] Gonorovskij I. S. Radiotekhnicheskie cepi i signaly: uchebnik dlja vuzov / I. S. Gonorovskij. — 4-e izd., pererab. i dop. — Moscow : Radio i svjaz', 1986. — 512 p. (in Russian)
- [3] Levin B. R. Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki v 3-h kn / B. R. Levin — Moscow: Sovetskoe radio, 1976. — 285 p. (in Russian)
- [4] Bykov V. V. Cifrovое modelirovanie v statisticheskoy radiotekhnike / V. V. Bykov — Moscow : Sovetskoe radio, 1971. — 328 p. (in Russian)
- [5] Teorija obnaruzhenija signalov / P. S. Akimov [i dr.] — Moskva: Radio i svjaz', 1984. — 440 p. (in Russian)