УДК 681.518.5

РАСПОЗНАВАНИЕ ЭТАЛОННОГО СИГНАЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДДИТИВНОЙ ПОМЕХИ ПРИ ЧАСТИЧНОМ ИЛИ ПОЛНОМ СОВПАДЕНИИ ИХ ПОЛОС ЧАСТОТ

В. В. Авраменко, канд. техн. наук;
Ю. И. Прохненко, аспирант,
Сумский государственный университет
avr@sumdu.edu.ua

В настоящее время задача определения полезного сигнала при наличии аддитивной помехи, когда спектральные характеристики сигнала и помехи частично или полностью накладываются, является сложной и актуальной. Подобного рода задачи возникают в различных сферах: в технической диагностике, в акустике, при передаче сигналов по каналам связи.

Пусть дано конечное множество непрерывных эталонных функций $f_i(t)$, $i=1,2,...,n$, которые имеют производные до n-го порядка включительно. Анализируемый сигнал представляет собой сумму одного из эталонных процессов с неизвестным масштабным множителем при нем и периодической помехи $\eta(t)$:

$$y(t)=kf_i(t)+\eta(t). \tag{1}$$

Помеха занимает ограниченную заранее известную полосу частот, но ее спектральная характеристика неизвестна. В общем случае эта полоса частот может частично или полностью пересекаться с полосой частот полезного сигнала, при этом неизвестно, где именно имеет место это пересечение. Необходимо по известным в текущий момент времени значениям анализируемого сигнала распознать, какой из эталонных процессов входит в него.

Поскольку полоса частот помехи известна, это позволяет представить её в виде ряда Фурье [3] с неизвестными коэффициентами:

$$\eta(t)=\frac{a_0}{2}+\sum_{i=1}^{N}(a_i\cos(i\cdot t)+b_i\sin(i\cdot t)). \tag{2}$$

Предположим, что помеха не содержит постоянной составляющей, т.е. $a_0=0$. Тогда анализируемый сигнал можно представить в виде:

$$\begin{gathered}y(t)=k_0 f_j(t)+k_1\cos(\omega_0 t)+k_2\sin(\omega_0 t)+...+\\+k_{2N-1}\cos(\omega_0 Nt)+k_{2N}\sin(\omega_0 Nt)\end{gathered}, \tag{3}$$

где j – номер эталонного сигнала, входящего в анализируемый; N – количество гармоник; k_0 – неизвестный коэффициент при эталонном сигнале; $k_i, i=1-2N$ – неизвестные коэффициенты разложения; ω_0 - основная частота помехи.

Для нахождения этих коэффициентов предлагается использовать алгоритм, разработанный в [1]. Работу алгоритма можно показать на примере, когда в анализируемый процесс $Q_0(t)$ входят два процесса, предположительно $q_1(t)$ и $q_2(t)$, с неизвестными коэффициентами при них:

$$Q_0(t) = c_1 \cdot q_1(t) + c_2 \cdot q_2(t). \tag{4}$$

Используя функции непропорциональностей [2] по производной 1-го порядка для функций, заданных параметрически, вычисляется значение непропорциональностей анализируемого процесса $Q_0(t)$ по эталону $q_1(t)$; и эталона $q_2(t)$ по эталону $q_1(t)$:

$$Q_{01}(t) = @\, d^{(1)}_{q_1(t)} Q_0(t) = \frac{Q_0(t)}{q_1(t)} - \frac{Q_0'(t)}{q_1'(t)};$$

$$Q_{21}(t) = @\, d^{(1)}_{q_1(t)} q_2(t) = \frac{q_2(t)}{q_1(t)} - \frac{q_2'(t)}{q_1'(t)}.$$

Далее находим непропорциональность $Q_{01}(t)$ по $Q_{21}(t)$:

$$Q_{0121}(t) = @\, d^{(1)}_{Q_{21}(t)} Q_{01}(t). \tag{5}$$

Характеристика (5) принимает значение, равное нулю, в том случае, когда $Q_0(t)$ действительно имеет вид (4), т.е. содержит $q_1(t)$ и $q_2(t)$ и не содержит других слагаемых. В этом случае также можно найти значения неизвестных коэффициентов c_1 и c_2 [1]:

$$c_2 = \frac{Q_{01}(t)}{Q_{21}(t)}; \qquad c_1 = \frac{Q_0 - c_2 f_2(t)}{f_1(t)}.$$

Однако априори неизвестно, какой из эталонных сигналов входит в (1). Предлагается перебирать множество эталонных функций и вычислять для каждой из них значение старшей непропорциональности. В случае, когда это значение равно нулю, делается вывод, что предположение о виде анализируемого сигнала верно и вычисляется коэффициент k_0 при эталонном сигнале. Если k_0 не равен нулю, значит, текущий эталон присутствует в анализируемом сигнале. Однако если старшая непропорциональность принимает ненулевые значения, это свидетельствует о том, что предположение о виде анализируемого сигнала неверно, и следует проверить другие варианты.

Предложенный алгоритм позволяет не только определить, какой из набора эталонных сигналов входит в анализируемый, но и вычислить неизвестные коэффициенты разложения $k_i, i = 0 - 2N$ помехи в ряд Фурье.

1. Авраменко В. В., Карпенко А. П. Распознавание фрагментов заданных эталонов в анализируемом сигнале с помощью функций непропорциональности // Вісник Сумського державного університету. – 2002. - №1(34). – 96 с.

2. Авраменко В. В. Характеристики непропорциональности числовых функций и их применение при решении задач диагностики // Вісник Сумського державного університету. – 2000 . - №16.

3. Бондарев В.Н., Трёстер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства: учеб. пособие для вузов. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1999. – С.12.