

НЕЙРОИНФОРМАТИКА ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ

НЕЙРОИНФОРМАТИКА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

NEUROINFORMATICS AND INTELLIGENT SYSTEMS

УДК 004.93'1

Авраменко В. В.¹, Шелехов И. В.², Зарецкий Н. А.³¹Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных наук, Сумского государственного университета, Сумы, Украина²Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных наук Сумского государственного университета, Сумы, Украина³Студент кафедры. компьютерных наук Сумского государственного университета, Сумы, Украина

ОПЕРАТИВНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭТАЛОННОГО СИГНАЛА ПРИ ЕГО ИСКАЖЕНИИ НЕЛИНЕЙНЫМ УСТРОЙСТВОМ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Актуальность. Распознавание эталонных сигналов, которые подверглись нелинейным преобразованиям устройствами с неизвестными параметрами статической характеристики, является актуальным для решения многих практических задач. Кроме того, актуальным является требование, чтобы система распознавания была инвариантной по отношению к амплитуде сигнала и распознавала его оперативно.

Цель. Рассмотрена задача оперативного распознавания эталонного сигнала при его искажении нелинейным устройством с экспоненциальной статической характеристикой. Один из заданного множества сигналов поступает на вход нелинейного объекта. Необходимо по искаженному сигналу на его выходе распознать эталонный сигнал при условии, что характеристики нелинейности, а также амплитуда входного сигнала неизвестны. Предполагается, что сигнал не выходит за пределы нелинейного участка статической характеристики объекта.

Метод. Предложен метод, позволяющий решить задачу по мгновенным значениям искаженного сигнала на выходе нелинейного объекта. Он основан на использовании функции непропорциональности по значению первого порядка для числовых функций, заданных параметрически. Если между двумя функциями существует пропорциональная зависимость, то вычисленная для них функция непропорциональности по значению первого порядка равняется нулю при любом значении коэффициента пропорциональности.

Вначале выдвигается предположение о том, какой из эталонных сигналов искажается. Затем этот сигнал вместе с искаженным сигналом используется при вычислении функции непропорциональности. Если предположение правильное, то полученная непропорциональность равняется нулю. Иначе – непропорциональность ненулевая.

Результаты. Компьютерное моделирование работы системы распознавания осуществлялось для узкополосных эталонных сигналов. Результаты показывают, что система успешно распознает незначительно отличающиеся между собой сигналы при разных значениях параметров экспоненциальной статической характеристики нелинейного объекта.

Выводы. Предлагаемый метод позволяет распознавать слабые сигналы в случае, если статическая характеристика нелинейного объекта является экспоненциальной в области начала координат. При этом параметры нелинейности и амплитуда сигнала – неизвестные. Такая ситуация, например, имеет место, когда ослабленный сигнал для дистанционного управления объектом поступает на р-п переход полупроводникового устройства.

Ключевые слова: эталонные сигналы, распознавание сигналов, нелинейные объекты, экспоненциальная статическая характеристика, оперативное распознавание, функции непропорциональностей.

НОМЕНКЛАТУРА

A – коэффициент передачи для экспоненциальной статической функции;

c – коэффициент;

$f_j(t), f'_j(t), f''_j(t)$ – j -й эталонный сигнал и его производные;

j – номер эталонного сигнала: $j = 1, 2, \dots, m$;

k – амплитуда входного сигнала;

m – количество эталонных сигналов;

t – время;

h – шаг изменения времени;

T_j – область определения j -й функции;

$v_{11}(t), v_{21}(t), v_{31}(t)$ – функции непропорционально-

сти по значению 1-го порядка, вычисленные по функции $f_1(t)$ на первом, втором и третьем этапах;

$v_{1j}(t), v_{2j}(t), v_{3j}(t)$ – функции непропорциональности по значению 1-го порядка, вычисленные по j -й функции на первом, втором и третьем этапах;

$w_{11}(t), w_{21}(t), w_{31}(t)$ – промежуточные функции при распознавании сигнала $f_1(t)$;

$w_{1j}(t), w_{2j}(t), w_{3j}(t)$ – промежуточные функции при распознавании сигнала $f_j(t)$;

q – постоянная составляющая искаженного сигнала;
 $y(t), y'(t)$ – искаженный сигнал и его производная;
 α – параметр экспоненциальной статической характеристики;

$\delta_{11}(t), \delta_{21}(t)$ – разности функций на 1-м и 2-м этапах распознавания $f_1(t)$;

$\varphi(t), \psi(t)$ – функции, заданные параметрически;

$@v_{\psi(t)}^{(1)}\varphi(t)$ – это value одной функции $\varphi(t)$ по функции $\psi(t)$, здесь $@$ – символ вычисления непропорциональности, v – означает, что непропорциональность по значению («value»), а в скобках указан ее порядок (первый).

τ_1 – сдвиг во времени между искаженным сигналом и $f_1(t)$.

ВВЕДЕНИЕ

Существует класс задач, для решения которых требуется распознавание эталонных сигналов. Необходимость в таком распознавании возникает, в частности, при дистанционном управлении объектом, если командные сигналы отличаются по форме. Так при ретрансляции радиосигналов в автоматическом режиме осуществляется их сканирование для того, чтобы распознать один из заданных звуковых образов [1]. В зависимости от обнаруженного эталонного образа вырабатываются команды для изменения режима работы ретранслятора.

В [2] распознаются акустические импульсные сигналы на фоне техногенных помех. Используются образцы сейсмоакустических импульсов и импульсов промышленных помех, а также звуковые записи процесса добычи угля. В дефектоскопии существуют характерные особенности формы сигнала в зависимости от типа дефекта [3]. Также следует упомянуть о задачах распознавания речевых сигналов.

На практике часто эталонные сигналы проходят через нелинейные элементы или устройства и искажаются. В частности, статические характеристики многих элементов, через которые проходит эталонный сигнал, квазистационарные и в начале координат нелинейные. Обычно текущие характеристики этих нелинейностей неизвестны. Это обстоятельство, а также тот факт, что текущая амплитуда сигнала на входе нелинейного объекта, как правило, также неизвестна, сильно усложняет распознавание искаженного сигнала. Поэтому разработка методов распознавания сигналов для приведенных условий является актуальной задачей.

Целью работы является решение задачи распознавания эталонного сигнала по результату его искажения

нелинейным объектом с экспоненциальной статической характеристикой, параметры которой неизвестны. Неизвестна также амплитуда сигнала, поступающего на вход объекта. Однако предполагается, что сигнал не выходит за пределы нелинейного участка статической характеристики. Такая ситуация, например, имеет место, когда ослабленный сигнал поступает на p-n переход полупроводникового устройства. Также ставится условие осуществлять распознавание оперативно, по текущим данным.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Дано конечное множество функций $f_j(t), (j = 1, 2, \dots, m)$, $t \in [0, T_j]$, описывающих эталонные сигналы.

На нелинейное устройство, статическая характеристика которого имеет вид $A(e^{\alpha x} - 1)$, поступает принадлежащий этому множеству сигнал $f_1(t)$ с коэффициентом k .

В общем случае параметры нелинейности A, α и коэффициент k могут неконтролируемо изменяться во времени. Будем считать, что эти изменения происходят медленно и можно считать их постоянными на интервале времени, требуемом для распознавания сигнала.

Обозначим

$$c = k.$$

Таким образом, на выходе нелинейного устройства анализируется сигнал:

$$y(t) = Ae^{cf_1(t+\tau_1)} + q, \quad (1)$$

где коэффициенты A, c, a также и q – неизвестные.

Постоянная составляющая q включает в себя не только A , но также свойственный для некоторых электронных устройств т.н. «дрейф нуля» и тоже квазистационарная.

С целью упростить изложение метода рассматривается случай, когда сдвиг во времени $\tau_1 = 0$.

Эталонные функции гладкие и имеют необходимые для вычислений производные. Кроме того, будем считать, что анализируемый сигнал очищен от помех.

По текущим значениям $y(t)$ и его производных нужно распознать сигнал $f_1(t)$.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Распознаванию искаженных изображений посвящено много работ, подробный обзор и классификация которых приведена в [4].

Однако все они требуют наблюдения за сигналом на определенном отрезке времени, что не позволяет реализовать оперативное распознавание.

В принципе, можно получить математическую модель нелинейного объекта и по ней восстановить входной сигнал. С этой целью можно реализовать перспективную концепцию управляемого динамического насыщения [5]. Использование функций динамического насыщения для представления модели делает более удобной нормализацию эталонного сигнала по его искажению с целью последующего распознавания.

Однако, практическая реализация этого подхода для непрерывного получения текущей математической модели не всегда может быть оправдана.

Существуют задачи, для решения которых можно использовать менее универсальные подходы, когда функции, описывающие математическую модель известны, но параметры модели вследствие квазистационарного характера нелинейности и амплитуды сигнала изменяются во времени. Так в [6] решается задача распознавания эталонного сигнала для случая, когда нелинейный участок статической характеристики объекта может быть представлен степенным рядом с неизвестными коэффициентами при слагаемых. Для этого предложен метод, основанный на использовании функций непропорциональностей [7, 8].

Однако есть объекты, у которых статическая характеристика в районе нуля экспоненциальная. Примером является вольт-амперная характеристика р-п перехода [9]. Обычно ее текущие параметры в районе нуля неизвестны. Во избежание появления нелинейных искажений при расчете полупроводниковых устройств этот участок вольтамперной характеристики рекомендуется не использовать [9]. Для подобных объектов представление нелинейности степенным рядом при решении поставленной задачи может потребовать высокой степени полинома. Поэтому в данной работе предлагается отдельный метод для рассмотренного случая.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предлагаемый алгоритм основан на вычислении функций непропорциональностей по значению 1-го порядка [7, 8]. Для заданных параметрически числовых функций $\varphi(t)$ и $\psi(t)$ эта непропорциональность функции $\varphi(t)$ по функции $\psi(t)$ имеет вид:

$$\textcircled{v}_{\psi(t)}^{(1)}\varphi(t) = \varphi(t) - \psi(t) \frac{d\varphi/dt}{d\psi/dt}, \quad (2)$$

В случае, когда между функциями существует пропорциональная зависимость

$$\varphi(t) = k\psi(t), \quad (3)$$

непропорциональность (2) равняется нулю независимо от значения k в (3).

Предположим, проверяется гипотеза, что $y(t)$ является результатом искажения сигнала $f_1(t)$ при его прохождении через указанную нелинейность. Находим непропорциональность (2) анализируемого сигнала $y(t)$ по $f_1(t)$ и разность $\delta_{11}(t)$:

$$\begin{aligned} v_{11}(t) &= \textcircled{v}_{f_1(t)}^{(1)}y(t) = y(t) - \frac{f_1(t)}{f_1'(t)}y'(t), \\ \delta_{11}(t) &= y(t) - v_{11}(t) = \frac{f_1(t)}{f_1'(t)}y'(t) = cA f_1(t) e^{cf_1(t)}. \end{aligned} \quad (4)$$

Эту разность возводим в квадрат и вычисляем логарифм:

$$w_{11}(t) = \ln(\delta_{11}^2(t)) = \ln(cA)^2 + \ln f_1^2(t) + 2cf_1(t). \quad (5)$$

Вычислим непропорциональность (2) функции $w_{11}(t)$ по $f_1(t)$ и разность $\delta_{21}(t)$:

$$\begin{aligned} v_{21}(t) &= \textcircled{v}_{f_1(t)}^{(1)}w_{11}(t) = w_{11}(t) - \frac{f_1(t)}{f_1'(t)}w_{11}'(t), \\ \delta_{21}(t) &= w_{11}(t) - v_{21}(t) = \frac{f_1(t)}{f_1'(t)}w_{11}'(t). \end{aligned} \quad (6)$$

Учитывая, что

$$w_{11}'(t) = \frac{1}{f_1^2(t)} 2f_1(t)f_1'(t) + 2cf_1'(t), \quad (7)$$

подставим (7) в (6) и находим:

$$\delta_{21}(t) = 2 + 2cf_1(t).$$

Вычислим разность

$$w_{21}(t) = \delta_{21}(t) - 2 = 2cf_1(t). \quad (8)$$

Из (8) следует, что между $w_{21}(t)$ и $f_1(t)$ существует пропорциональная зависимость.

Вычислим непропорциональность (2) функции $w_{21}(t)$ по $f_1(t)$:

$$\begin{aligned} v_{31}(t) &= \textcircled{v}_{f_1(t)}^{(1)}w_{21}(t) = w_{21}(t) - \frac{f_1(t)}{f_1'(t)}w_{21}'(t) = \\ &= 2cf_1(t) - \frac{f_1(t)}{f_1'(t)}2cf_1'(t) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Теперь для сравнения рассмотрим вариант, когда проверяется общее условие, что искажается сигнал $f_j(t)$. В этом случае

$$w_{2j}(t) = \delta_{2j}(t) - 2 = 2cf_1' \frac{f_j(t)}{f_j'(t)} - \frac{f_j(t)f_j''(t)}{[f_j'(t)]^2} + \frac{f_j(t)f_1''(t)}{f_j'(t)f_1'(t)}. \quad (10)$$

Если в (10) вместо $f_j(t)$, $f_j'(t)$, $f_j''(t)$ подставить соответственно $f_1(t)$, $f_1'(t)$, $f_1''(t)$ то получим формулу (8). Однако в отличие от (8) выражение (10) описывает связь между $w_{2j}(t)$ и $f_j(t)$, которая в общем случае отличается от пропорциональной. Это обстоятельство приводит к тому, что непропорциональность

$$v_{3j}(t) = \textcircled{v}_{f_j(t)}^{(1)}w_{2j}(t) = w_{2j}(t) - \frac{f_j(t)}{f_j'(t)}w_{2j}'(t) \neq 0. \quad (11)$$

Неравенство нулю $v_{3j}(t)$ (11) свидетельствует о том, что $f_j(t)$ не проходит через нелинейное устройство и не входит в анализируемый сигнал $y(t)$.

В то же время для $f_1(t)$ непропорциональность $v_{31}(t)$ (8) равняется нулю. Это означает, что $y(t)$ представляет собой результат искажения эталонного сигнала $f_1(t)$.

Следовательно, для каждого из эталонных сигналов $f_j(t)$ необходимо вычислять непропорциональность (11) и сравнивать ее с нулем. В случае успешного распознавания $v_{3j}(t)$ (11) равняется нулю.

Таким образом, по текущим значениям $y(t)$ и его производных осуществляется распознавание эталонного сигнала из заданного множества при его искажении нелинейным устройством с экспоненциальной статической характеристикой.

После того, как сигнал распознан, при необходимости, из выражений (8), (4), (1) можно вычислить неизвестные коэффициенты c и A а также постоянную составляющую q :

$$c = \frac{w_2(t)}{2f_1(t)};$$

$$A = \frac{\delta_1(t)}{cf_1(t)e^{cf_1(t)}};$$

$$y(t) = Ae^{c \sin(\omega t + \varphi)} + q.$$

Моделирование происходило для следующих параметров экспоненциальной статической характеристики: $\alpha = 0,25$, $A = 10$. Параметры сигнала и время – относительные по некоторым заданным максимальным значениям: $\omega = 0,5$, $\varphi = 0,25$, $k = 1$, $c = \alpha k = 0,25$, $q = 0,5$. Шаг изменения времени $h = 0,0628$. Производные вычислялись численным методом по разностям 6-го порядка [10].

Моделировалось поведение $v_{3j}(t)$ (12) в зависимости от отклонения от сигнала, который реально искажался нелинейным устройством.

Параметры сигнала и время – относительные по некоторым заданным максимальным значениям. Конкретно отклонялась частота сигнала при постоянной фазе, а также отклонялась фаза при постоянной частоте.

Также рассмотрен еще один пример, когда исследовалась работа метода при разных значениях параметров нелинейности α и A для двух эталонных сигналов:

$$f_1(t) = \sin^2(\omega t + \varphi)e^{\cos(0,25\omega t + \varphi)}, \quad (13)$$

$$f_2(t) = \sin^2(\omega t + \varphi)e^{\cos(0,5\omega t + \varphi)}. \quad (14)$$

Исследовалось поведение $v_{3j}(t)$ (11) для $\alpha = 0,25$, $A = 10$, а также для $\alpha = 1$, $A = 20$ при проверке правильного и неправильного предположений о том, какой из двух эталонных сигналов проходит через нелинейное устройство. При этом остальные исходные данные такие же, как в предыдущем примере.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ

Для случая прохождения узкополосного сигнала (12) через нелинейное устройство получены графики значений непропорциональности $v_{3j}(t)$ (11) для фиксированного времени $t = 0,8792$ в зависимости от отклонения частоты от заданной при постоянном значении φ и отклонения начальной фазы при постоянной круговой частоте (рис. 1, 2)

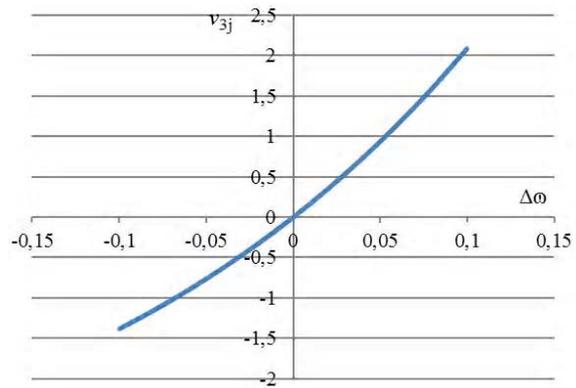


Рисунок 1 – Зависимость непропорциональности v_{3j} для фиксированного времени от отклонения частоты $\Delta\omega$ по сравнению с эталонным сигналом

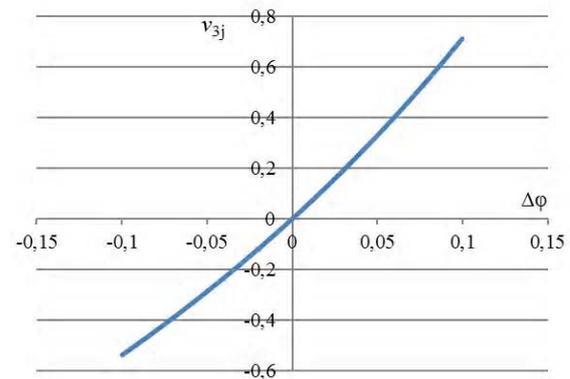


Рисунок 2 – Зависимость непропорциональности v_{3j} для фиксированного времени от отклонения фазы $\Delta\varphi$ по сравнению с эталонным сигналом

Как видно из рисунков, только в случае, если отклонения равны нулю, т.е. если распознавание осуществляется по эталонному сигналу, который реально поступает на вход нелинейного устройства, непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) равняется нулю.

О том, как параметры нелинейности влияют на результаты распознавания, видно из следующих двух результатов моделирования.

Предположим, что через нелинейное устройство проходит $f_1(t)$ (13) и распознавание осуществляется по этому же сигналу. В результате получена непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) равная нулю для любого значения времени. Такой же результат получен и для случая, когда параметры нелинейности другие: $\alpha = 1$, $A = 20$.

Если же через нелинейность проходит сигнал $f_2(t)$ (14), а проверяется гипотеза, что это $f_1(t)$ (13), то при $\alpha = 0,25$, $A = 10$ для выбранного произвольно фиксированного времени непропорциональность $v_3 = 0,322$. Для $\alpha = 1$, $A = 20$ результат $v_3 = 0,530$.

Таким образом, если гипотеза о том, что проверяемый сигнал действительно проходит через нелинейное устройство с экспоненциальной статической характеристикой подтверждается, то непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) равняется нулю независимо от параметров этой не-

линейности. Однако, если гипотеза неверная, то $v_{3j}(t)$ (11) ненулевая и ее значения зависят от параметров сигналов и нелинейности.

6 ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемый метод требует больших вычислительных ресурсов в случае большого количества эталонных сигналов, а также, если нужно подбирать фазовый сдвиг. Однако следует учесть, что метод легко реализуется при помощи распараллеливания вычислений. Действительно, можно параллельно решать задачу для всего заданного множества эталонных процессов и, в свою очередь, для каждого из них делать это для нескольких значений сдвига.

Метод требует отсутствия помех. В принципе, можно усилить искаженный сигнал и при наличии информации о помехе отфильтровать ее. Кроме того, на практике имеют место импульсные помехи, которые появляются и исчезают в случайные моменты времени. Если поставить условие, что в каждый момент времени имеет место какой-либо эталонный сигнал из заданного множества, то для него в момент пропадания помехи непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) будет равной нулю. Таким образом, одновременно распознается сигнал и фиксируется время отсутствия помехи. Если же текущая непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) ни для одного из эталонных сигналов не равняется нулю, это может быть не только при наличии помех, но также при переходных процессах, когда нелинейный объект или поступающий на его вход сигнал становятся нестационарными.

Если статическая характеристика в районе нуля отклоняется от экспоненциальной, непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) не будет нулевой даже для эталонного сигнала, который реально проходит через объект.

При незначительных отклонениях это будет число в районе нуля. Для больших отклонений есть смысл использовать метод, изложенный в [6].

Предлагаемый метод позволяет обнаружить эталонный сигнал, как в отдельные моменты времени, так и на отрезках некоторой длины. Поэтому окончательное решение о том, какой сигнал проходит через нелинейный объект, должна принимать система принятия решений, для которой этот метод позволяет получить исходную информацию. В одних случаях может использоваться информация о том, как часто непропорциональность $v_{3j}(t)$ (11) равняется нулю для определенного сигнала, а в других – на какой длине отрезка времени это происходит.

ВЫВОДЫ

Предложен метод оперативного распознавания эталонного сигнала из заданного множества по результа-

там его искажения вследствие прохождения через нелинейный объект с экспоненциальной статической характеристикой. Параметры нелинейности и амплитуда сигнала – неизвестные. Метод позволяет распознавать слабые сигналы в условиях, когда их амплитуды неизвестны и не выходят за пределы экспоненциальной статической характеристики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственной научно-исследовательской темы «Интеллектуальные системы управления ресурсами телекоммуникационных систем» (№ ДР 0112U001384) на базе лаборатории интеллектуальных систем кафедры компьютерных наук Сумского государственного университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная система по модулям Digispot II [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// remine.digispot.ru/projects/digispot/wiki/WikiStart](http://remine.digispot.ru/projects/digispot/wiki/WikiStart).
2. Деглина Ю. Б. Нейросетевой алгоритм распознавания сигналов акустической эмиссии / Ю.Б. Деглина // Штучний інтелект. – 2006. – № 4. – С. 731–734. – Режим доступа: [http:// iai.dn.ua/public/JournalAI_2006_4/Razdel8/13_Deglina.pdf](http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2006_4/Razdel8/13_Deglina.pdf).
3. Бархатов В. А. Обнаружение сигналов и их классификация с помощью распознавания образов [Электронный ресурс] / В. А. Бархатов. – Режим доступа: http://fpribor.ru/uploadedFiles/files/Patern_Recognition_1.pdf.
4. Путьятин Е. П. Нормализация и распознавание изображений [Электронный ресурс] / Е. П. Путьятин. – Режим доступа: <http://sumschool.sumdu.edu.ua/is-02/rus/lectures/pytyatin/pytyatin.htm>.
5. Концепция управляемого динамического насыщения при моделировании многочастотных установившихся режимов микрорезонансных компонентов, структур и устройств / [С. П. Гулин, А. С. Гулин, В. П. Дмитренко, Д. М. Пиза] // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2010. – № 2 (23). – С. 20–31.
6. Авраменко В. В. Распознавание искаженного речевого сигнала с помощью функций непропорциональностей / В. В. Авраменко, Т. Н. Усатенко // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2006. – №10(94). – С. 5–13.
7. Авраменко В. В. Характеристики непропорциональности числовых функций / В. В. Авраменко. – Деп. в ГНТБ України 19.01.98, №59 Уж98.
8. Авраменко В. В. Характеристики непропорциональностей и их применения при решении задач диагностики / В. В. Авраменко // Вестник СумГУ. – 2000. – №16. – С. 27–32.
9. Анисимов М. М. Физическая электроника [Электронный ресурс] / М. М. Анисимов. – Режим доступа: http://tsput.ru/res/fizika/1/ANISIM_OV_2/anis_04.htm.
10. Мелентьев П. В. Приближенные вычисления / П. В. Мелентьев. – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 388 с.

Статья поступила в редакцию 14.12.2016.

После доработки 27.01.2017.

Авраменко В. В.¹, Шелехов І. В.², Зарецький М. О.³

¹Канд. техн. наук, доцент, доцент каф. комп'ютерних наук Сумського державного університету, Суми, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету, Суми, Україна

³Студент каф. комп'ютерних наук Сумського державного університету, Суми, Україна

ОПЕРАТИВНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕТАЛОННОГО СИГНАЛУ ПРИ ЙОГО СПОТВОРЕННІ НЕЛІНІЙНИМ ПРИСТРОЄМ З ЕКСПОНЕНЦІЙНОЮ СТАТИЧНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

Актуальність. Розпізнавання еталонних сигналів, які зазнали нелінійних спотворень пристроями з невідомими параметрами статичної характеристики, є актуальним для вирішення багатьох практичних завдань. Крім того, актуальними є вимоги до системи розпізнавання щодо її інваріантності до амплітуді сигналу і оперативності розпізнавання.

Мета. Розглянуто задачу оперативного розпізнавання еталонного сигналу при його спотворенні нелінійним пристроєм з експоненційною статичною характеристикою. Один із заданої множини сигналів надходить на вхід нелінійного об'єкта. Необхідно за спотвореним сигналом на його виході розпізнати еталонний сигнал за умови, що характеристики нелінійності, а також амплітуда вхідного сигналу невідомі. Передбачається, що сигнал не виходить за межі нелінійного ділянки статичної характеристики об'єкта.

Метод. Запропоновано метод, що дозволяє вирішити задачу за миттєвим значенням спотвореного сигналу на виході нелінійного об'єкта. Він заснований на використанні функції непропорційності за значенням першого порядку для числових функцій, заданих параметрично. Якщо між двома функціями існує пропорційна залежність, то обчислена для них функція непропорційності за значенням першого порядку дорівнює нулю при будь-якому значенні коефіцієнта пропорційності.

Спочатку висувається припущення про те, який з еталонних сигналів спотворюється. Потім цей сигнал разом зі спотвореним сигналом використовується при обчисленні функції непропорційності. Якщо припущення правильне, то отримана непропорційність дорівнює нулю. Інакше – непропорційність ненульова.

Результати. Комп'ютерне моделювання роботи системи розпізнавання здійснювалося для вузькосмугових еталонних сигналів. Результати показують, що система успішно розпізнає сигнали, що незначно відрізняються між собою, при різних значеннях параметрів експоненційної статичної характеристики нелінійного об'єкта.

Висновки. Запропонований метод дозволяє розпізнавати слабкі сигнали в разі, якщо статична характеристика нелінійного об'єкта є експоненційною в області початку координат. При цьому параметри нелінійності і амплітуда сигналу – невідомі. Така ситуація, наприклад, має місце, коли ослаблений сигнал для дистанційного керування об'єктом надходить на р-п перехід напівпровідникового пристрою.

Ключові слова: еталонні сигнали, розпізнавання сигналів, нелінійні об'єкти, експоненційна статична характеристика, оперативне розпізнавання, функції непропорційності.

Avramenko V. V.¹, Shelehov I. V.², Zaretsky M. O.³

¹Ph.D., Associate Professor of Department of Computer Science, Sumy State University, Sumy, Ukraine

²Ph.D., Associate Professor of Department of Computer Science, Sumy State University, Sumy, Ukraine

³Student of Department of Computer Science, Sumy State University, Sumy, Ukraine

RAPID RECOGNITION OF REFERENCE SIGNAL DURING ITS DISTORTION BY NONLINEAR OBJECTS WITH EXPONENTIAL STATIC CHARACTERISTIC

Context. Recognition of etalon signals distorted by device with unknown parameters of static characteristics is actual task for many practical problems. Moreover, addition system requirements for invariance to signal amplitude and for operativeness of recognition are relevant.

Objective. The problem of operative recognition of etalon signal distorted by nonlinear device with exponential static characteristic is considered. A signal from given set of etalons come into input of a nonlinear object. It is necessary for the distorted signal at the output of the object recognized etalon on condition that characteristics of the non-linearity and amplitude of the input signal are unknown. It is assumed that the signal does not exceed the static nonlinear characteristics of the object area.

Method. A method to solve the problem on the instantaneous values of the distorted signal at the output of the non-linear object is proposed. It is based on the use of disproportionate function value of the first order for numeric functions defined parametrically. If the two functions there is a proportional relationship, is calculated for these function disproportionate value of the first order is equal to zero for any value of the coefficient of proportionality. If the two functions have a proportional relationship, so disproportionate function is zero for any value of the coefficient of proportionality.

Initially, hypothesis about the etalon signal of distorted signal is promoted. Then, both signals use for calculating disproportion function. Finally, if the hypothesis is confirmed, then disproportionate of etalon signal turns into zero, else the disproportionate is nonzero.

Results. Computer modeling of recognition system for narrowband reference signals is performed. The results show that the system successfully detects slightly differ signals at different exponential characteristics parameters of nonlinear static object.

Conclusions. The method can be used to recognition of weak etalon signals distorted by nonlinear object with static exponential characteristic an origin of coordinates under conditions where the parameters of nonlinearity and signal amplitude are unknown. In practice, these conditions are typical for remote control system when weakened or distorted control signals arrive at the input of p-n junction semiconductor of receiving device.

Keywords: reference signals, recognition signals, nonlinear objects, exponential static characteristic, rapid recognition, functions of disproportionality.

REFERENCES

1. Spravochnaya sistema po modulyam Digispot II [Elektronniy resurs]. Access mode: <http://remine.digispot.ru/projects/digispot/wiki/WikiStart>.
2. Deglina Yu. B. Neurosetevoy algoritm raspoznavaniya signalov akusticheskoy emissii, *Shtuchniy intelekt*, 2006, No. 4, pp. 731–734. Access mode: http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2006_4/Razdel8/13_Deglina.pdf.
3. Barhatov V.A. Obnaruzhenie signalov i ih klassifikatsiya s pomoschiu raspoznavaniya obrazov [Tekst], *ITs Fizpribor*. Access mode: http://fpribor.ru/uploadedFiles/files/Pattern_Recognition_1.pdf.
4. Putyatin E. P. Normalizatsiya i raspoznavanie izobrazheniy, Access mode: <http://sumschool.sumdu.edu.ua/is-02/rus/lectures/pytyatin/pytyatin.htm>.
5. Gulin S. P., Gulin A. S., Dmitrenko V. P., Piza D. M. Konceptsiya upravlyayemogo dinamicheskogo nasyscheniya pri modelirovani mnogochastotnyh ustanovivshisya rezhimov mikroelektronnyh komponentov, struktur i ustroystv, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2010, No. 2 (23), pp. 20–31.
6. Avramenko V. V., Usatenko T. N. Raspoznavanie iskazhennogo rechevogo signala s pomoschiu funktsiy neproporcional'nostey, *Visnik Sums'kogo derzhavnogo universitetu. Seriya Tehnichni nauki*, 2006, No. 10 (94), pp. 5–13.
7. Avramenko V. V. Harakteristiki neproporcional'nosti chislovyh funktsiy. Dep. v GNTB Ukrainy 19.01.98, №59 Uk98.
8. Avramenko V. V. Harakteristiki neproporcional'nostey i ih primeneniya pri reshenii zadach diagnostiki, *Vestnik SumGU*, 2000, No. 16, pp. 27–32.
9. Anisimov M. M. Fizicheskaya elektronika, ch. 2. Access mode: http://tsput.ru/res/fizika/1/ANISIM_OV_2/anis_04.htm.
10. Melentiev P. V. Priblizhennyye vychisleniya. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 1962, 388 p.