

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

УДК 621.315:004.032.26

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ
РАСПОЗНАВАНИЯ ВЕЙВЛЕТ-ОБРАЗА
ИСКАЖЕННОГО НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА**

Лежнюк П. Д., д.т.н.,

Винницкий национальный технический университет

Мирошник А. А., к.т.н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

Тел.: 057-712-35-37

Аннотация - для распознавания вейвлет-образов несинусоидальных сигналов предложено использовать нейронную сеть на базе адаптивной резонансной теории. Разработана принципиальная схема вейвлетного нейронного классификатора и алгоритм нейросетевой классификации искажений по их вейвлет-образу.

Ключевые слова: нейронная сеть, вейвлет-образ, несинусоидальное искажение

Постановка проблемы. Распознавание искажений несинусоидальных режимов работы сетей 0,38/0,22 кВ очень сложный вопрос [1], так как включает широкий спектр искажений, границы которых могут накладываться друг на друга. Как и во многих работах по идентификации и классификации основной целью является корректное определение неизвестного объекта.

Анализ последних исследований и публикаций. На сегодняшний день имеется два подхода для достижения этой цели: параметрический и непараметрический. В задачах распознавания образов первый подход, известный еще как статистический, требует предварительных знаний о статистическом распределении данных модели. С другой стороны, непараметрический подход, известный как искусственные нейронные сети, не требует какой-либо статистической информации.

Основные материалы исследования. Нейронные сети (непараметрический подход) распознают образы благодаря «опыту», полученному в результате обучения на определенной выборке данных. Причем в данной выборке не обязательно представлять абсолютно все

возможные состояния исследуемой предметной области. Сеть настраивает свои внутренние параметры в соответствии с определенными правилами.

Поэтому с учетом современных достижений цифровой обработки сигналов появляется возможность разработать новый метод для идентификации и распознавания искажений несинусоидальных режимов работы сетей 0,38/0,22 кВ, который заключается в объединении теории вейвлетов и теории нейронных сетей.

На сегодняшний день существует множество способов организации нейронных сетей, которые могут содержать различное количество слоев нейронов [2]. Нейроны могут быть связаны между собой как внутри отдельных слоев, так и между слоями. В зависимости от направления связи могут быть прямыми или обратными.

Необходимо иметь в виду, что увеличение количества нейронов не всегда приводит к улучшению результата распознавания образов, а лишь замедляет процесс обучения нейронной сети. Поэтому одной из основных задач при выборе нейронной сети становится нахождение оптимального в отношении «время обучения – качество обучения» числа нейронов для решения данной задачи.

Анализируя состояние данной проблемы, можно выделить несколько основных вопросов для выбора нейронной сети. Во-первых, одним из основных вопросов является способ реализации нейронной сети. Несмотря на появление на рынке специализированных нейрокомпьютеров, их стоимость не может удовлетворить конечного потребителя. В настоящее время наиболее целесообразной является реализация нейронной сети программным способом, поскольку предоставляется возможность использовать уже имеющееся оборудование, и модификация параметров сети не требует изменения основных плат компьютера. Реализацию такого программного продукта наиболее просто произвести с использованием специализированных средств для разработки программ.

Второй вопрос, который необходимо решить – это структура нейронной сети. Анализ структур нейронных сетей [2] показывает, что для математического моделирования сложных плохо формализованных систем физической или технологической природы необходимо использование многослойных нейронных сетей.

К сожалению, традиционные искусственные нейронные сети оказались не в состоянии решить проблему стабильности-пластичности. Очень часто обучение новому образу уничтожает или изменяет результаты предшествующего обучения. В некоторых случаях это не существенно. Если имеется только фиксированный набор обучающих векторов, они могут предъявляться при обучении циклически. В сетях с обратным распространением, например, обучающие

векторы подаются на вход сети последовательно до тех пор, пока сеть не обучится всему входному набору. Однако, если полностью обученная сеть должна запомнить новый обучающий вектор, то он может изменить веса настолько, что потребуются полное переобучение сети.

В реальной ситуации сеть будет подвергаться постоянно изменяющимся воздействиям, она может никогда не увидеть один и тот же обучающий вектор дважды. При таких обстоятельствах сеть часто не будет обучаться, она будет непрерывно изменять свои веса, не достигая удовлетворительных результатов.

Более того, в работе [3] приведены примеры сети, в которой только четыре обучающих вектора, предъявляемых циклически, заставляют веса сети изменяться непрерывно, никогда не сходясь. Такая временная нестабильность явилась одним из главных факторов, использования адаптивной резонансной теории (АРТ), которая является одним из результатов исследования этой проблемы [2, 3]. Сети и алгоритмы АРТ сохраняют пластичность, необходимую для изучения новых образов, в то же время, предотвращая изменение ранее запомненных образов.

С учетом сказанного выше, для распознавания вейвлет-образов искаженных электрических сигналов, которые имеют место в сетях 0,38/0,22 кВ, выбрана программно реализованная модель нейронной сети с использованием АРТ.

После того как нейронная сеть обучена и распознает искажение, необходимо произвести процесс классификации, таким образом, весь процесс анализа делится на три шага:

1. Выделение особенностей сигнала;
2. Распознавание образа выделенного искажения;
3. Классификация искажений.

Рассмотрим процесс распознавания формы вейвлет-образа с использованием вейвлетного нейросетевого классификатора. Основная идея вейвлетного нейронного классификатора – осуществить распознавание формы сигнала в вейвлетной области, используя искусственные нейронные сети. На рис. 1 изображена принципиальная схема вейвлетного нейронного классификатора, которая включает: фазы подготовки – вейвлет-преобразование входного сигнала, обработки – исследование вейвлет-коэффициентов с помощью нейронных сетей, последующей обработки – принятия решения о типе искажения в соответствии со значениями выходов нейронных сетей. Вход классификатора – искаженный сигнал (временная область определения). Выход – вид искажения, определенный с некоторой степенью достоверности. Степень достоверности определяет степень доверия к принятому решению.

На вход нейронной сети подается предварительно обработанный сигнал. В этом случае форма вейвлет-искажения преобразуется из временной в вейвлетную пространственно-временную, до того как поступить на вход нейронной сети. Это преобразование выделяет особенности искажений одновременно в форме частотной и временной информации.

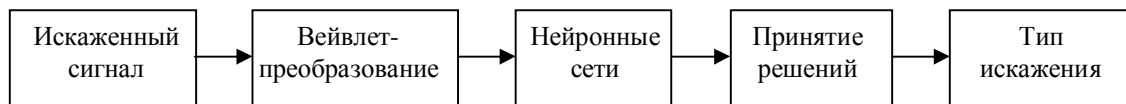


Рис. 1. Принципиальная схема вейвлетного нейронного классификатора.

Фаза обработки содержит набор составных нейронных сетей с коэффициентами вейвлет-преобразования на входе. Эта фаза обработки необходима для распознавания формы волны в области определения (вейвлетной). Выход фазы обработки – тип искажения. Однако, так как для определения типа искажения используются составные нейронные сети, фаза постобработки требует комбинации выходов составных частей нейронных сетей: в соответствии с законом принять решение о виде искажения и обеспечить уровень доверия к принятому решению.

Для этой цели применена схема голосования. Нейронная сеть АРТ имеет входной вектор X – это коэффициенты вейвлетного преобразования. Эта информация позволит настроиться нейронам так, чтобы выходной нейрон реагировал на подобные векторы входных образов. Выход нейросети – множество значений, соответствующих классам искажений.

В конце фазы обучения считается, что каждый нейрон оптимально настроен к входным сигналам. Фаза обучения считается оконченной, когда настроенная сеть распознает обучающие входные сигналы с высокой точностью.

Для того чтобы принять решение о типе искажения, выходы от каждой нейронной сети должны быть скомбинированы. Самый оптимальный способ – использовать схему голосования. Схема голосования – метод комбинирования выходов нейронной сети. Решение осуществляется на основе того, какой тип искажения получил больший голос [4]. Точность решения представлена как согласованный уровень, определенный как отношение общего количества голосов к полученному количеству.

Алгоритм нейросетевой классификации искажений по их вейвлет-образам изображен на рис.2.

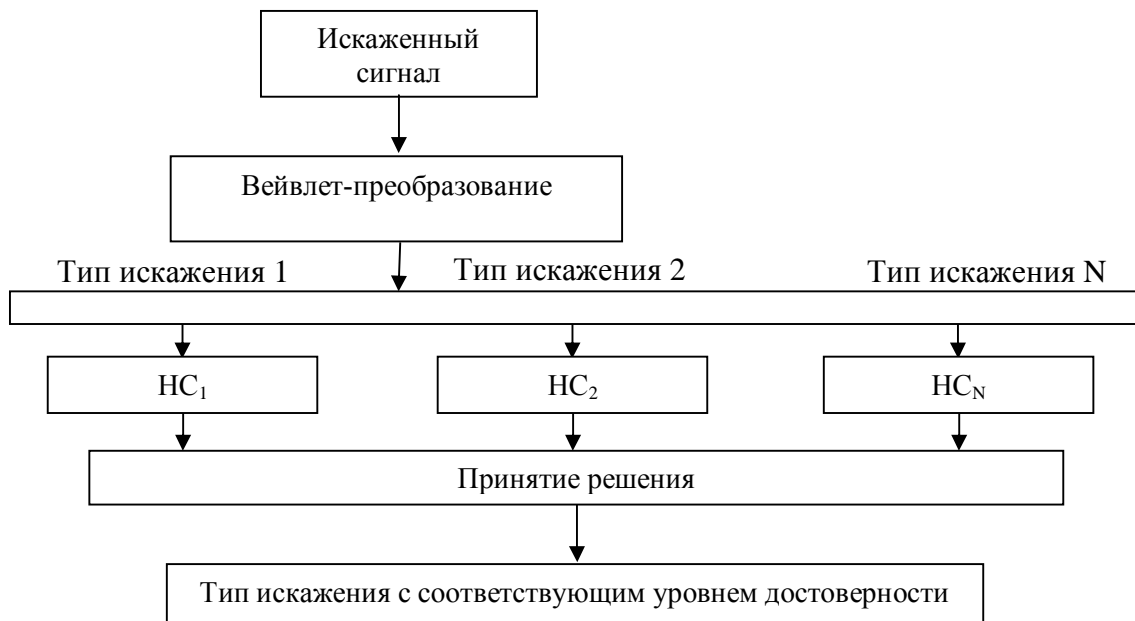


Рис. 2. Алгоритм нейросетевой классификации искажений по их вейвлет-образам.

В соответствии с принципиальной схемой, показанной на рис.2, искаженный сигнал поступает через блок вейвлет-преобразования на вход нейросетевого классификатора. Конечной целью является принятия решения о типе искажения. Структура распознавания сигнала имеет вид представленный на рис.3.

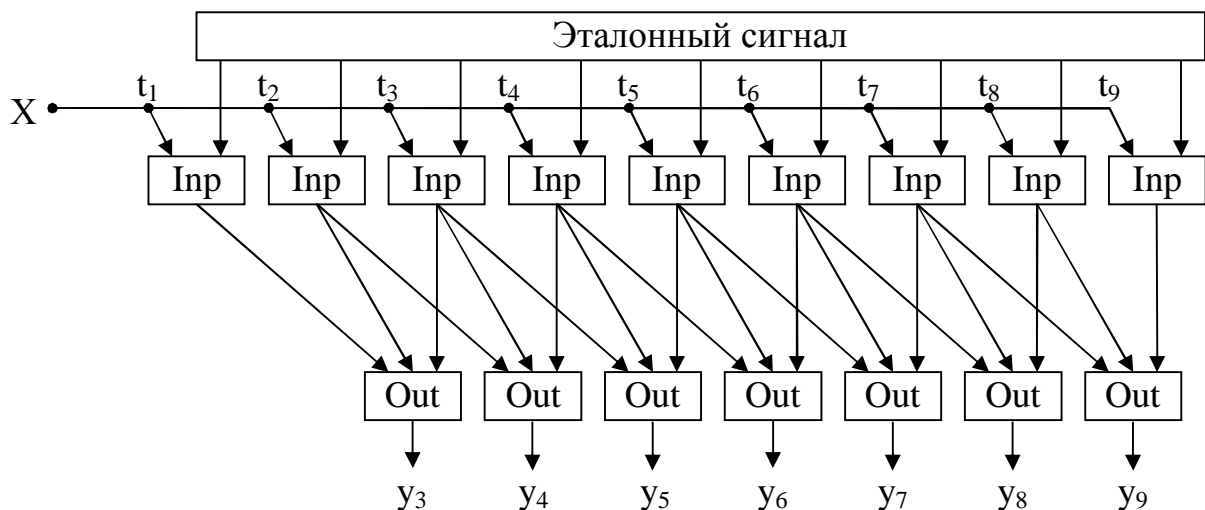


Рис. 3. Структура нейронной сети для распознавания одной функции.

В структуре нейронной сети (рис. 3) приняты следующие обозначения:

X – входной сигнал, который последовательно поступает на каждый вход входного слоя нейронов с задержкой на один такт на каждый следующий нейрон;

t_i – i -й такт нейронной сети;

y_i – выходной сигнал сформированный на i -ом такте показывающий в процентном соотношении на сколько входной сигнал соответствует эталонному;

InpNe – входной нейрон имеющий два входа и один выход, его структура представлена на рис. 4;

OutNe – промежуточный (выходной) нейрон имеющий три входа и один выход, его структура представлена на рис.6.

Рассмотрим нейроны, которые используются для распознавания вейвлет-образов. Нейрон входного слоя НС распознавания простого сигнала имеет два входа и один выход. Так же имеет Гауссову кривую в качестве функцию активации, центр которой задается одним из входов – эталонный сигнал, второй вход предназначен для ввода информации – входной сигнал. На выходе информация о соответствии входной величины и эталонной, при полном соответствии величина равна единице.

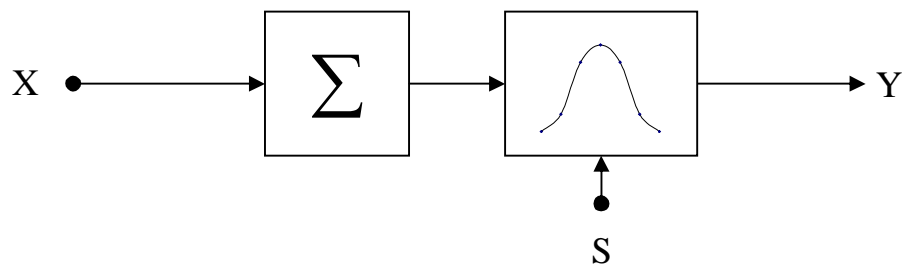


Рис. 4. Структура входного нейрона.

Гауссова функция активации описывается выражением:

$$OUT = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \sigma} e^{-\frac{(NET-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где OUT – выход искусственного нейрона;

NET – промежуточная переменная после сумматора в искусственном нейроне.

m – пик функции;

σ – пологость функции.

Данный нейрон описывается следующим математическим выражением:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} e^{-\frac{x-s}{2}}, \quad (2)$$

где y – выходной сигнал;

x – входной сигнал;

s – эталонный сигнал.

Выходной сигнал нейрона имеет вид, представленный на рис. 5.

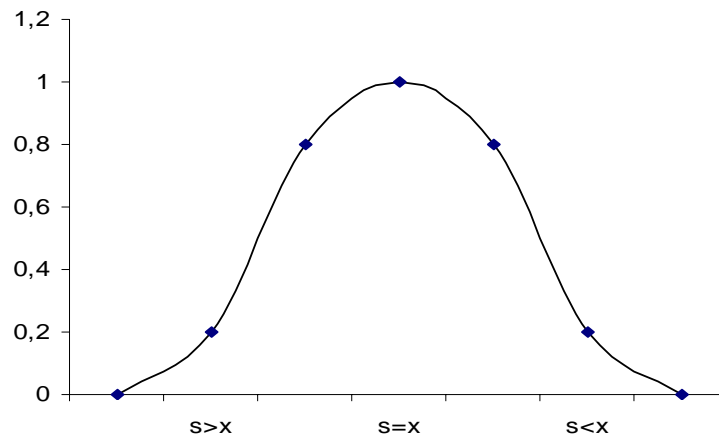


Рис. 5. Вихідная функция входного слоя нейронів.

Точка на графіке функції, имеющая значение равное единице, показывает что входной и эталонный сигнал равны. Все остальные точки показывают степень отличия входного сигнала от эталонного.

Промежуточный (выходной) нейрон имеет три входа (может иметь больше), и выполняет роль сумматора. Но при суммировании входные сигналы перемножаются на весовые коэффициенты, которые выполняют функцию выделения полезного участка сигнала.

На выходе данного нейрона мы получаем процентное соответствие входного сигнала по отношению к эталонному в разные моменты времени. Данная величина колеблется от 0 до 100%.

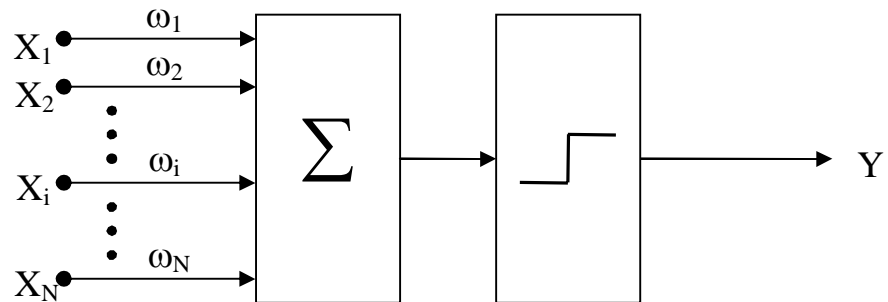


Рис. 6. Структура промежуточного (выходного) нейрона.

Данный нейрон описывается математическим выражением:

$$y = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot x_i, \quad (3)$$

где y – выходной сигнал;
 x_i – входной сигнал;
 ω_i – входной сигнал;
 i – номер входа;
 N – число входов.

Выводы. Используя нейронную сеть на основе адаптивной резонансной теории появляется возможность выполнять распознавание вейвлет-образов несинусоидальных искажений, которые имеют место в сетях 0,38/0,22 кВ.

Литература

1. Шидловский А. К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях / А. К. Шидловский, А. Ф. Жаркин. – К.: Наукова думка, 2005. – 210 с.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Ф. Уоссермен. Перевод на русский язык, Ю. А. Зуев, В. А. Точенов. – М.: Изд-во «Мир», 1992. – 184 с.
3. Anil K. Jain. Artificial Neural Networks / Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin. – Tutorial, Computer, Vol.29, No.3, March. – 1996.
4. Хайкин Саймон. Нейронные сети / Хайкин Саймон, Полный курс 2-е изд., испр.: Пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ОБРАЗУ СПОТВОРЕНОГО НЕСИНУСОЇДАЛЬНОГО СИГНАЛУ

П. Д. Лежнюк, А. А. Мирошник

Анотація – для розпізнавання вейвлет-образу несинусоїдальних сигналів запропоновано використовувати нейронну мережу на базі адаптивно-резонансної теорії. Розроблена принципова схема вейвлетного нейронного класифікатора та алгоритм нейронної класифікації спотворень за їх вейвлет-оброзами.

USING NEURAL NETWORK FOR DETECT OF WAVELET DISTORTED NONSINUSOIDAL SIGNAL

P. Lezhnyuk, A. Miroshnik

Summary

For detect wavelet image nonsinusoidal signals proposed to use a neural network based on adaptive of resonance theory. A principal scheme of wavelet neural classifier and algorithm neural network classification distortion of wavelet image.