

С.Н. ДАНИЛИН, М.В. МАКАРОВ,
С.А. ЩАНИКОВ
**Нейросетевые алгоритмы
обработки гармонических сигналов
в промышленных системах
технического контроля**

УДК 621

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

Предложен метод обеспечения точности функционирования искусственных нейронных сетей. Разработаны нейросетевые алгоритмы обработки гармонических сигналов на фоне шумов для промышленных систем технического контроля. Приведены результаты применения предложенных методов и алгоритмов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №14-38-50498, №14-37-50500.

Введение

В процессе эксплуатации современных средств обработки информации обязательным является проведение периодического технического контроля (ТК) параметров их узлов и модулей, для обеспечения достоверности выходной информации [1]. Сложность алгоритмов ТК в ряде случаев либо сопоставима, либо превышает сложность алгоритмов функционирования самих устройств. В настоящее время для проведения ТК в зависимости от типа решаемых задач используются методы и алгоритмы теории цифровой обработки сигналов и изображений [2-4], распознавания образов [5-7], классификации [8,9] и т.д.

Перспективным направлением реализации систем ТК является применение искусственных нейронных сетей (ИНС). Высокая эффективность применения ИНС при решении вышеперечисленных задач [10-13], а так же возможность решения задач в целом без

разделения на подзадачи позволяет проектировать системы контроля различного назначения более высокого уровня.

Анализ отечественных и зарубежных научно-технических источников показал, что несовершенства методов инженерного проектирования технических средств на базе ИНС зачастую приводят к тому, что ожидаемая на этапе компьютерного моделирования точность их работы значительно снижается в условиях реальной эксплуатации при внутренних и (или) внешних дестабилизирующих воздействиях.

1. Метод обеспечения точности функционирования ИНС

В работе [14] авторами предложен новый метод инженерного проектирования ИНС, позволяющий по критериям требуемой точности функционирования выбрать оптимальные параметры их элементов и назначить допуски на изготовление. Для этого предложено имитировать возможные пределы допускаемых значений погрешностей параметров (дестабилизирующие воздействия) ИНС на компьютерных моделях путем варьирования значений параметров нейронов, а так же шумов во входной информации и оценивать степень их влияния на точность функционирования сетей с помощью относительного показателя качества K (1)

$$K_i = 1 - (X_i - X_{\text{доп}}) / (X_{\text{дос}} - X_{\text{доп}}), \quad (1)$$

где $X_{\text{доп}}$ - допускаемый уровень изменения показателя качества работы ИНС;

$X_{\text{дос}}$ - уровень показателя качества, достигнутый в результате обучения ИНС;

X_i - значения показателя качества при дестабилизирующих воздействиях.

2. Процесс проведения ТК

Предложенный метод использован при разработке нейросетевых компонентов систем ТК приемо-передающих блоков телекоммуникационных средств. Контролируемыми параметрами выбраны фазовый сдвиг и относительное отклонение частоты ЛЧМ-импульсов, в общем виде описываемые уравнением (2)

$$S(t) = A(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)], \quad (2)$$

где $A(t)$ – огибающая импульса;
 ω_0 – центральная частота колебаний;
 $\varphi(t)$ – фазовая функция колебаний.

Классическое решение задачи контроля параметров сигналов (2) предусматривает решение параметрических интегральных и дифференциальных уравнений при демодуляции последовательности ЛЧМ-импульсов [15]. Средства реализации уравнений включают в себя набор корреляторов входного колебания с опорным сигналом, блоки суммирования, определения максимального значения, демодуляции входной последовательности ЛЧМ-импульсов и т.д. Результатом работы блоков является информация о значениях контролируемых параметров. Точность полученных результатов принципиально низкая.

Для решения задачи контроля параметров сложных гармонических сигналов достаточно знать соответствуют они или не соответствуют техническим условиям (ТУ) (рис. 1), что можно сделать путем сравнения с эталоном. Решение задачи на основе данного подхода позволяет значительно ускорить процесс контроля и повысить его достоверность.

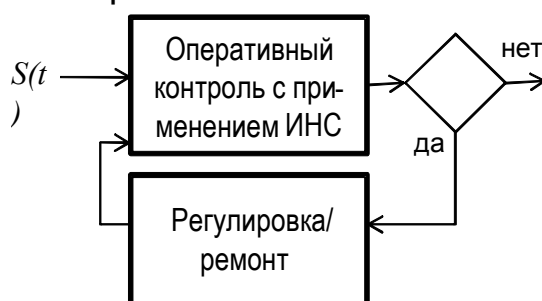


Рис. 1. Алгоритм принятия решений о качестве работы контролируемых блоков.

3. Нейросетевой алгоритм

Алгоритм оперативного контроля реализован в двухслойной ИНС прямого распространения (перцептрон). Число нейронов в первом слое – 128 с тангенциальной функцией активации и 1 – во втором слое с линейной функцией активации. Для обучения ИНС использовался алгоритм Левенберга-Марквардта, дополненный регуляризацией по Байесу.

Синтезированная ИНС способна по входной реализации $S(t)$ классифицировать сигнал как соответствующий (да), или не соответствующий (нет) ТУ и принять решение о необходимости регулировочно-ремонтных операций с контролируруемыми блоками (рис.1).

По результатам проведенного эксперимента (число повторений равно 2×10^6) определена статистическая оценка значения уровня вероятности ошибки определения события А - $P(A)$, или В - $P(B)$ соответствия или несоответствия параметров $S(t)$ ТУ. P - сумма вероятностей $P(A)+P(B)$.

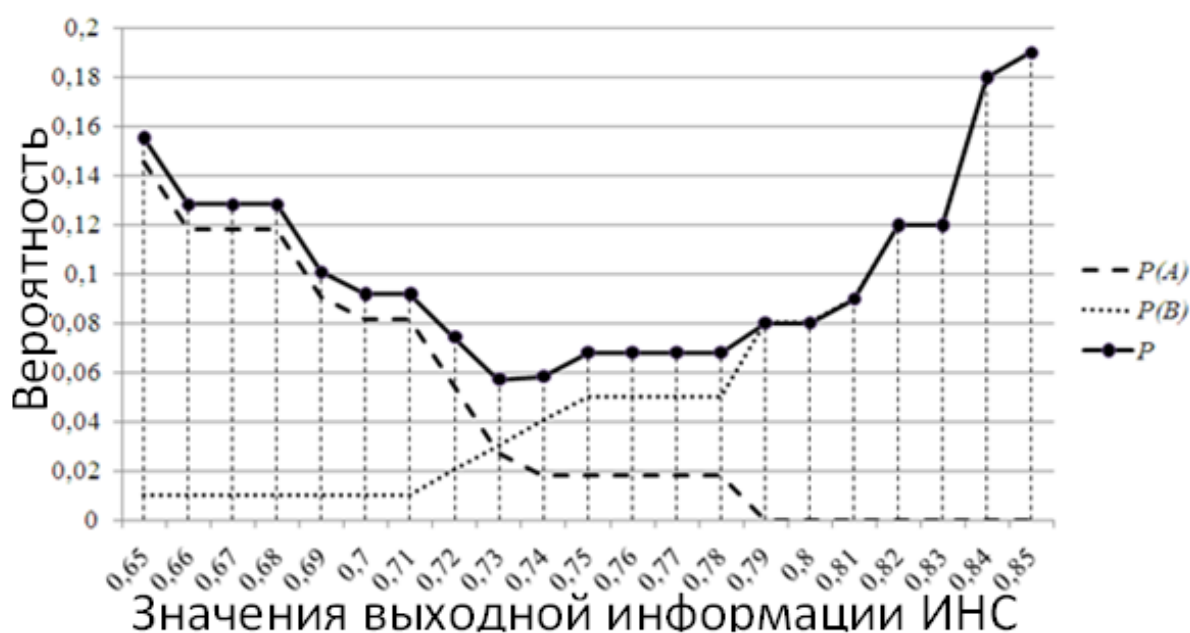


Рис. 2. Вероятности ошибки ИНС в зависимости от значения выходной информации ИНС

Как следует из диаграммы на рис.2, значение уровня вероятности принятия ошибочных решений о параметрах сигнала для контролируемого блока не превышает 0,06. К наибольшим материально-техническим потерям приводит ошибка в принятии решения «Да» о наступлении события «А», так как в эксплуатации находится система, выдающая недостоверную информацию [1].

Исследована точность функционирования ИНС при дестабилизирующих воздействиях произвольного происхождения на входную информацию (рис.3), Выбраны оптимальные параметры ИНС по критерию максимальной точности и назначены допуски на параметры нейронов.

Результаты испытаний нейросетевых средств оперативного ТК параметров приемо-передающих устройств для нескольких вариантов задач показали: продолжительность проведения технического контроля в рамках одного рабочего цикла сократилось до 100 раз, Количество ошибок при принятии решения о соответствии показателей качества работы контролируемых блоков ТУ снизилось до 10 раз в условиях реальной эксплуатации.

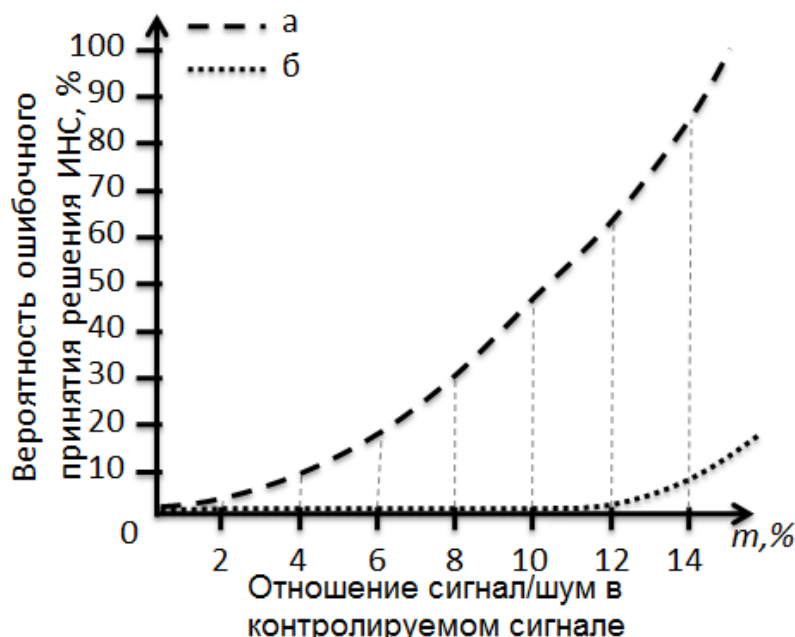


Рис. 3. Зависимость уровня ошибочного принятия решения ИНС от соотношения с/ш в контролируемом сигнале: а – ИНС синтезирована без учета назначенных допусков на параметры нейронов, б – ИНС синтезирована с учетом назначенных допусков на параметры нейронов.

Заключение

1. Предложен метод инженерного проектирования ИНС, позволяющий проектировать средства технического контроля параметров средств обработки информации на базе ИНС с заданной точностью их функционирования.

2. Разработан нейросетевой алгоритм для промышленной системы технического контроля.

3. Показана возможность снижения нейросетевыми техническими средствами на два порядка продолжительности и до 10 раз ошибок технического контроля параметров средств обработки информации в реальных условиях эксплуатации.

Литература

1. Нейрокомпьютеры в системах обработки сигналов: коллективная монография / Под ред. Ю. В. Гуляева и А. И. Галушкина. - М.: Радиотехника, 2003. - 176 с.
2. Садыков С.С., Савичева С.В., Гранченко Д.П. Алгоритм определения типа поля зрения видеодатчика // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 3. С. 60-65.
3. Садыков С.С., Стародубов Д.Н. Исследование алгоритма определения длины и ширины плоских объектов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2009. Т. 2. С. 386-370.
4. Фомин А.А., Жизняков А.Л. Оценка качества сварных соединений по многомасштабному образу рентгенограмм // Тяжелое машиностроение. 2010. № 6. С. 19-23.
5. Садыков С.С., Савичева С.В. Распознавание плоских объектов при их наложении // Информационные технологии. 2013. № 2. С. 43-46.
6. Стародубов Д.Н., Стулов Н.Н. Комплекс программ обработки и анализа изображений объектов в системах технического зрения // Программные продукты и системы. 2006. № 3. С. 6.
7. Фомин А.А. Многомасштабный алгоритм обнаружения дефектов сварных соединений // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2011. № 17. С. 15.
8. Фомин А.А., Жизняков А.Л. Классификация изображений микроструктур металлов на основе многомасштабных моделей // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2007. Т. 4. № 2. С. 75-80.
9. Жизняков А.Л., Привезенцев Д.Г., Фомин А.А. Классификация изображений на основе локальных признаков самоподобия // Ползуновский вестник. 2011. № 3-1. С. 12-14.
10. Варламов А.Д. Основные метрики, оценивающие качество работы систем поиска изображений // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. № 2 (24). С. 3-11.
11. Чижов В.С., Ковалев Ю.А., Варламов А.Д. Разработка метода повышения качества поиска лиц на изображениях анализом их биометрических признаков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2014. № 2 (27). С. 55-63.
12. Шарапов Р.В., Варламов А.Д. Сравнительный анализ систем поиска графических данных // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 1. С. 27-31.
13. Варламов А.Д. Восстановление цвета полутоновых изображений нейронной сетью // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2011. № 17. С. 2.
14. Данилин С.Н., Макаров М.В., Щаников С.А. Комплексный показатель качества работы нейронных сетей // Информационные технологии. 2013. №5. С. 57-59.
15. Храмов К.К., Жиганов С.Н. Исследование характеристик цифровых фильтров в программно-аппаратном устройстве оценки параметров модуляции ЛЧМ-сигналов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2011. №3. С.30–34.
16. Андрианов Д.Е., Садыков С.С., Симаков Р.А. Разработка муниципальных геоинформационных систем. -М.: Мир, 2006. -109 с. ил.

17. Андрианов, Д. Е., Еремеев С. В., Садыков С. С. Теоретические основы описания и анализа плоских пространственно-распределенных объектов в ГИС - Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2007. -109 с.

18. Андрианов Д. Е., Штыков Р. А., Уткин. Ю.В. Экономия энергии путем управления тепловыми сетями на промышленном предприятии//Промышленная энергетика. -2003. -№ 6. -С. 2-5.

ДАНИЛИН С.Н. DSN-55@MAIL.RU

МАКАРОВ М.В. NAUKA-MUROM@YANDEX.RU

ЩАНИКОВ С.А. SEACH@INBOX.RU