

Нейросетевые технические средства контроля параметров инфокоммуникационных систем

С.Н. Данилин^а, С.А. Щаников^а, А.Е. Сакулин^а

^а Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 602264, ул. Орловская, 23, Муром, Владимирская область, Россия

Аннотация

Рассмотрены проблемы контроля параметров инфокоммуникационных систем нейросетевыми техническими средствами. Предложен общий подход к разработке нейросетевых технических средств определения параметров сложных сигналов в радиоэлектронных, телекоммуникационных, информационных системах от функционального уровня до уровня нано элементной базы на принципах распознавания информации, образов, сигналов. На основе общего подхода синтезированы искусственные нейронные сети контроля параметров ЛЧМ сигналов и приведены результаты их работы.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети; нейрокомпьютеры; моделирование; контроль параметров сигналов; мемристоры.

1. Введение

В процессе эксплуатации современных инфокоммуникационных систем обязательным является проведение периодического функционально-диагностического контроля (ФДК) параметров их узлов и модулей, для обеспечения достоверности выходной информации [1,2].

Сложность и время реализации алгоритмов ФДК инфокоммуникационных систем, основанных на теории статистической радиотехники, в ряде случаев либо сопоставима, либо превышает сложность и быстродействие алгоритмов функционирования самих изделий, что недопустимо для многих технических средств и выполняемых ими задач [1,3].

В настоящее время перспективным направлением реализации систем ФДК является применение искусственных нейронных сетей (ИНС) [1].

Высокая эффективность ИНС основана на трех основных обстоятельствах. Во-первых, нейросетевые алгоритмы позволяют проводить параллельное распознавание информации, образов, сигналов любой размерности и сложности. Во-вторых, решение задач в нейросетевом логическом базисе основано на системном подходе к задаче в целом без разделения на частные подзадачи. В-третьих, перспективная элементная база универсальных или специализированных нейрокомпьютеров нового поколения на основе нано размерных мемристоров (наномемристоров), позволит достичь производительности 10^{17} - 10^{18} флосп [4,5]. Измерение параметров столь быстрых процессов возможно только техническими средствами, работающими на тех же принципах и на такой же элементной базе, то есть искусственных нейронных сетей на базе наномемристоров (ИНСМ).

Анализ отечественных и зарубежных научно-технических источников показал [1-3], что несовершенства методов инженерного проектирования технических средств на базе ИНС зачастую приводят к тому, что ожидаемые на этапе компьютерного моделирования точность, надежность, быстродействие их работы значительно снижаются в условиях реальной эксплуатации при внутренних и (или) внешних дестабилизирующих воздействиях.

2. Объект исследования

Авторами предложен общий подход и метод инженерного проектирования ИНС, позволяющий по критериям требуемой точности функционирования выбрать оптимальные параметры их элементов и назначить допуски на изготовление [6].

В результате реализации метода разработан нейросетевой алгоритм контроля параметров сигналов, формируемых передающими блоками инфокоммуникационной системы. Контролируемыми параметрами выбраны фазовый сдвиг и относительное отклонение частоты ЛЧМ-импульсов, в общем виде описываемые уравнением (1)

$$S(t)=A(t)\cos[\omega_0 t + \varphi(t)], \quad (1)$$

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

Классическое решение задачи контроля параметров сигналов (1) методом максимального правдоподобия предусматривает решение параметрических интегральных и дифференциальных уравнений при демодуляции последовательности ЛЧМ-импульсов.

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 не известная и принципиально низкая [7].

3. Методы

Для решения задачи контроля параметров сложных радиотехнических и инфокоммуникационных сигналов достаточно знать соответствуют они или не соответствуют техническим условиям (ТУ), что можно сделать путем распознавания и классификации сигнала. Решение задачи на основе данного подхода позволяет значительно ускорить процесс контроля и повысить его достоверность.

Синтезирована ИНС, способная по входной реализации $S(t)$ распознать и классифицировать сигнал как соответствующий (да), или не соответствующий (нет) ТУ и принять решение о дальнейшей эксплуатации или выведения из эксплуатации контролируемых систем, подсистем, блоков, узлов с проведением регулировочно-ремонтных операций (рис.1).

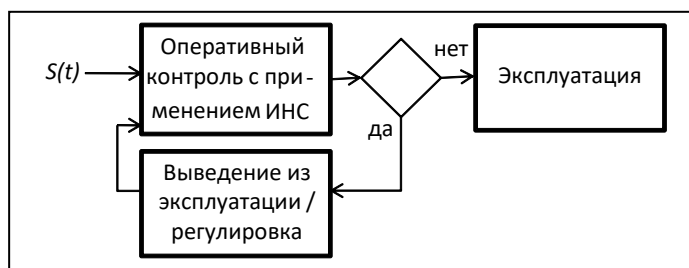


Рис. 1. Алгоритм принятия решений о качестве работы контролируемых инфокоммуникационных систем.

В настоящее время варианты аппаратной реализации ИНС с применением наномемристоров разработаны для архитектур сетей прямого распространения [5], поэтому предлагаемый алгоритм оперативного контроля реализован в двухслойной ИНС прямого распространения. 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 (TRAINBR). Обучающий массив представляет собой набор выборок оцифрованных значений сигнала $S(t)$ с допустимыми и недопустимыми ТУ отклонениями параметров сигналов и имеет размер 128×128 .

По результатам проведенного эксперимента (число повторений равно 2×10^6) определена статистическая оценка значения уровня вероятности ошибки определения события А («сигнал, параметры которого соответствуют ТУ принят ИНС за сигнал, параметры которого не соответствуют ТУ») - $P(A)$, события В («сигнал, параметры которого не соответствуют ТУ принят ИНС за сигнал, параметры которого соответствуют ТУ») - $P(B)$ и P - сумма вероятностей $P(A)+P(B)$ ошибочных результатов функционирования ИНС.

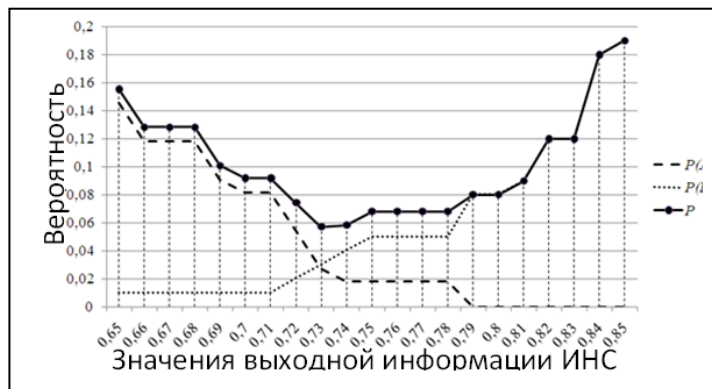


Рис. 2. Вероятности ошибки функционирования ИНС в зависимости от значения выходной информации ИНС.

4. Результаты и их обсуждение

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

Исследована точность функционирования ИНС при дестабилизирующих воздействиях произвольного происхождения (шумы, помехи естественного или искусственного происхождения) на входную информацию (рис.3). Выбраны оптимальные параметры ИНС по критерию минимальной вероятности ошибки и назначены допуски на параметры нейронов методами, предложенными авторами в работе [8].

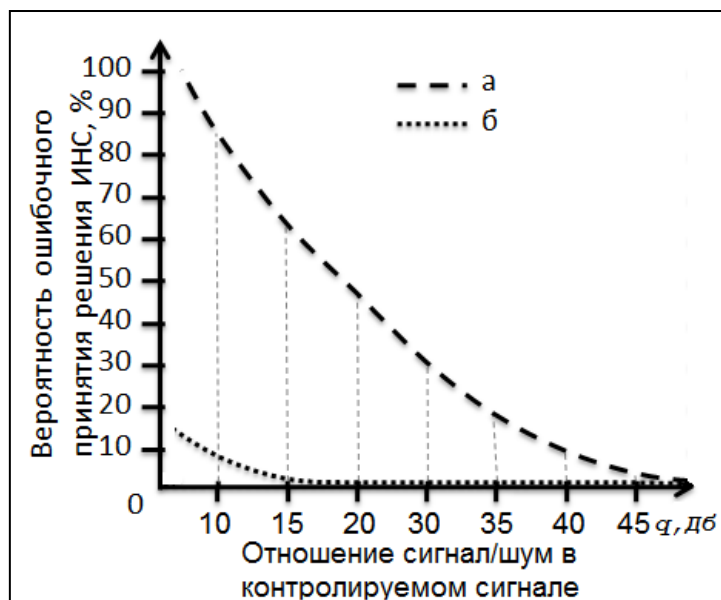


Рис.3. Зависимость уровня ошибочного принятия решения ИНС от соотношения с/ш в контролируемом сигнале: а – ИНС синтезирована без учета назначенных допусков на параметры нейронов, б – ИНС синтезирована с учетом назначенных допусков на параметры нейронов.

Современные ИНС практического уровня сложности, как и задачи, решаемые ими, трудно формализуемые или не формализуемые [4,5]. По этой причине для их проектирования и исследования выбрана научная методология системного анализа и имитационного моделирования информационных процессов и систем, адаптированная для аппарата ИНС [8,9]. Основными этапами при этом являются:

1. Составление описания ИНС, как объекта моделирования (формулировка целей моделирования; выбор перечня количественных показателей качества (эффективности) функционирования ИНС, которые будут определяться при имитации; выявление внутренних и внешних дестабилизирующих факторов, составление детального логического описания моделируемых процессов, происходящих в системе).

2. Разработка блочной функциональной модели ИНС, как системы обработки информации. В зависимости от целей моделирования предполагается проведение функционально-структурной декомпозиции ИНС с введением нескольких уровней иерархии: уровень системы; уровень подсистем; уровень функциональных звеньев; уровень схемных элементов. Разработка аналитических моделей отдельных подпроцессов и алгоритмов функционирования элементов системы.

3. Программирование и отладка компьютерной модели ИНС в MATLAB.

4. Проверка адекватности модели ИНС и достоверности ее функционирования на типовых тестовых задачах.

5. Составление плана эксперимента с применением имитационной модели ИНС и методов стратегического и тактического планирования.

6. Реализация плана эксперимента и получение в процессе эксплуатации модели экспериментальных данных.

7. Обработка и анализ экспериментальных данных. Формулировка результатов имитационного моделирования.

Результаты испытаний нейросетевых средств оперативного контроля приемо-передающих блоков инфокоммуникационной системы для нескольких вариантов задач показали: продолжительность проведения контроля в рамках одного рабочего цикла сократилось до 100 раз по сравнению с находящейся в эксплуатации системой контроля параметров, реализующей методы статистической радиотехники. Количество ошибок при принятии решения о соответствии показателей качества работы контролируемых блоков ТУ снизилось до 10 раз в условиях типовой помеховой обстановки за счет подавления шумовой составляющей входного сигнала в ИНС и уменьшения методической погрешности алгоритма. Приведенные результаты функционирования ИНС соответствуют ожидаемым, обоснованным в трудах по теории ИНС, частности [10].

5. Заключение

1. Синтезирована нейросетевая система контроля параметров ЛЧМ сигналов.

2. Разработанный общий подход, методы и алгоритмы позволяют проектировать технические средства контроля на базе ИНС с заданной точностью их функционирования.

3. Показана возможность снижения нейросетевыми техническими средствами на два-три порядка продолжительности и до 10 раз ошибок контроля параметров инфокоммуникационных систем в реальных условиях эксплуатации.

4. Результаты проведенных исследований могут быть использованы для проектирования современных ИНС различного уровня сложности и назначения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-07-08330.

Литература

- [1] Гуляев, Ю.В. Нейрокомпьютеры в системах обработки сигналов / Ю.В. Гуляев, А.И. Галушкин. – М.: Радиотехника, 2003. – 224 с.
- [2] Малюк, А.А. Теория защиты информации. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. 184 с.
- [3] Храмов, К.К. Исследование характеристик цифровых фильтров в программно-аппаратном устройстве оценки параметров модуляции ЛЧМ-сигналов / К.К. Храмов, С.Н. Жиганов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2011. – №3. – С.30–34.
- [4] Галушкин, А.И. Новые технологии микроэлектроники и разработки перспективных нейрокомпьютеров // Информационные технологии. – 2016. – Т.22, №7. – С. 550-555.
- [5] Галушкин, А.И. СуперЭВМ и мемристоры / А.И. Галушкин, Д.В. Пантюхин // Информационные технологии. – 2016. – Т.22, №4. – С. 304-312.
- [6] Данилин, С.Н. Анализ и синтез функциональных допусков искусственных нейронных сетей на основе мемристоров / С.Н. Данилин, С.А. Щаников, С.В. Пантелеев // Тезисы докладов Международной конференции «Инжиниринг & Телекоммуникации – En&T 2016». – 2016. – С.149-153.
- [7] Перов, А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. - М.: Радиотехника, 2003. – 400 с.
- [8] Danilin, S.N. Determining Operation Tolerances of Memristor-Based Artificial Neural Networks / S.N. Danilin, S.A. Shchanikov, S.V. Pantelev // Engineering and Telecommunication (EnT), 2016 International Conference on. – 2016. – P.34-38. DOI: 10.1109/EnT.2016.016.
- [9] Галушкин, А.И. Нейросетевой контроль точности функционирования технических средств на основе мемристоров / А.И. Галушкин, С.Н. Данилин, С.А. Щаников // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2016. – №2. – С.44-51.
- [10] Галушкин, А. И. Нейронные сети: основы теории. – М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 496 с.