

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ОСНОВАННЫХ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВЯЗАННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ ДАТЧИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

**А. В. Балыков, А. С. Малых, А. С. Назаров, В. Н. Седалищев,
С. Е. Сорокин, А. О. Тицнер, А. А. Тятюхин**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

В настоящее время наблюдается неукоснительный рост числа и разнообразия датчиков, используемых в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, строительстве и т.п., повышаются требования к качеству измерительного процесса, надежности функционирования средств измерения и контроля, расширению области применения и условий их эксплуатации. При этом усложняется алгоритм работы измерительных устройств, все шире используются интеллектуальные измерительные устройства. В связи с увеличением числа и разнообразия измеряемых параметров технологических процессов приходится не только принимать меры по улучшению метрологических характеристик первичных преобразователей, но и расширять их функциональные возможности. Для решения этой проблемы идут по пути создания многомерных, многофункциональных датчиков. Широкое применение микропроцессорной техники привело к развитию нового поколения средств измерений - интеллектуальных измерительных устройств. Это связано с тем, что требуются более гибкие по функциональным возможностям измерительные устройства, самоадаптируемые, приспособляемые к изменяющимся условиям. При этом чувствительность первичных преобразователей также должна изменяться в функции измеряемых и влияющих факторов, т.е. нужны нелинейные датчики. Это позволит в зависимости от условий их работы расширять или сужать рабочий диапазон, повышать или снижать чувствительность, изменять быстродействие, регулировать величину гистерезиса и т.п. Применение нелинейных измерительных устройств позволяет обеспечивать малую чувствительность к дестабилизирующим факторам и высокую чувствительность к измеряемым параметрам, создавать на их основе высокоэффективные средства измерения.

Таким образом, в настоящее время существует актуальная проблема, связанная с необходимостью разработки нового поколения измерительных устройств, основанных на широком использовании нелинейных первичных измерительных преобразователей. При этом измерительные устройства должны быть не только многомерными, многофункциональными, самоадаптируемыми, высокоинформативными, но и способными надежно функционировать в тяжелых условиях эксплуатации, обеспечивая надежное функционирование оборудования в нестандартных ситуациях. Это связано с тем, что реальные технологические процессы не могут быть заранее в полной мере описаны в виде определенных алгоритмов и инструкций. В настоящее время все шире для решения таких задач используют устройств с нечеткой логикой. Дальнейшим развитием интеллектуализации контрольно-измерительных операций является создание нейроподобных измерительных устройств [3-5].

Очевидно, что решение проблемы повышения эффективности измерительных устройств может послужить совмещение непосредственно измерительного процесса с процессом обработки полученной измерительной информации. При этом желательно, чтобы процесс первичной обработки измерительной информации также как и процесс получения первичной измерительной информации осуществлялся на физическом уровне, в условиях максимального приближения его к объекту измерения.

Для решения этой задачи создают интегрированные измерительные устройства с использованием, размещенных на одной плате первичных измерительных преобразователей и микропроцессорных средств предварительной обработки измерительной информации. Но при экстремальных условиях эксплуатации устройства с использованием по-

лупроводниковых элементов оказываются не всегда пригодными. Для этих целей удобнее использовать электро-механические первичные измерительные преобразователи. Повышение чувствительности таких устройств достигается за счет реализации резонансных режимов работы, а использование режимов связанных колебаний в сложных колебательных системах таких устройств позволяет существенно расширить их функциональные возможности. Например, реализация в таких устройствах слабых и сильных взаимодействий между отдельными осцилляторами соответствует положительной или отрицательной обратной связи в измерительной схеме. Достоинством таких нелинейных устройств является то, что они характеризуются более широкими функциональными возможностями по сравнению с традиционными датчиками, обеспечивать высокую чувствительность к измеряемым параметрам и быть применимыми для работы в тяжелых условиях эксплуатации [9].

Одним из возможных направлений по разработке нового поколения интеллектуальных измерительных устройств может явиться создание осцилляторных нейроподобных средств измерения. Знание основных закономерностей образования структур в таких активных средах (например, в системах, состоящих из большого числа осцилляторов) позволяет перейти к целенаправленному созданию распределенных динамических систем на их основе, способных к формированию пространственных структур. Одним из основных приложений при этом являются задачи аналоговой обработки информации. Использование в качестве элементарной единицы обработки информации не отдельных сигналов, а протяженных пространственных структур дает возможность резко повысить эффективность устройства обработки информации, что может послужить решению проблемы создания искусственного интеллекта, так как имеются свидетельства того, что аналоговые механизмы лежат в основе работы человеческого мозга [3, 4, 7].

Интенсивные теоретические и экспериментальные исследования хаотических динамических систем выявили их неожиданное и вместе с тем замечательное свойство: они являются весьма податливыми и чрезвычайно чувствительными к внешним воздействиям. Управление этим процессом может осуществляться с помощью слабых воздействий, которые и влияют на выбор того или иного конкретного состояния. Таким образом, была

обнаружена возможность управлять динамикой хаотических систем, т.е. посредством достаточно слабых воздействий переводить первоначально хаотические системы из режима хаотических колебаний на требуемый динамический режим и тем самым стабилизировать их поведение [1, 2, 8].

Знание основных закономерностей поведения хаотических сред позволяют перейти к целенаправленному конструированию искусственных систем, процессы самоорганизации в которых приводили бы к образованию нужных структур. Пока в этом направлении предпринимаются лишь самые первые шаги. Наиболее развитым приложением является создание устройств обработки информации на основе применения хаотических систем. Действие таких устройств базируется на использовании естественной "внутренней" структуры системы и управлении притоком энергии, т.е. фактически на том же принципе, который положен в основу контролирования хаотических систем. Это дает возможность при относительно малых энергетических затратах создать устройства принципиально нового типа, способные запоминать, шифровать и обрабатывать информацию. Более того, экспериментальные данные свидетельствуют о том, что автоколебания (в том числе хаос) играют важную роль в процессе анализа информации нейроподобными системами. Принцип организации памяти можно представить как динамический процесс. Такой подход привел к использованию теории динамических систем в проблеме обработки информации и создания систем искусственного интеллекта [3, 4, 7].

Реализация бифуркационных режимов колебаний в сложных динамических системах позволяет создавать на их основе высокочувствительные контроллеры с нечеткой логикой, нейроподобные измерительные устройства. Устройства с нечеткой логикой применяются для решения задач контроля и управления технологическими процессами. В последние годы теория нейронных сетей привлекает внимание многих исследователей. Интерес к нейронным сетям порождается стремлением приблизиться при создании технических устройств к той поразительной эффективности в процессах обработки информации, которой обладают животные и человек [4, 5, 7].

В теории нейронных сетей существует более десяти различных направлений, по решению тех или иных теоретических и прикладных задач. В отличие от других пара-

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ОСНОВАННЫХ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВЯЗАННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ ДАТЧИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

дигм, при изучении осцилляторных нейроноподобных систем (ОНС) основной интерес сосредоточен на динамических, колебательных аспектах функционирования нейронных сетей. В соответствии с этим выбирается такая конструкция отдельного элемента и такая архитектура сети, при которых наблюдаются регулярные, квазипериодические или стохастические колебания. При этом представляют интерес условия синхронизации колебаний в сложных динамических системах. Функциональной единицей ОНС, как правило, является осциллятор. Многомерные динамические слишком сложны для математического анализа, поэтому их исследуют численно или редуцируют к еще более простым осцилляторам, поведение которых описывается одной переменной - фазой колебания. Иногда сети из таких максимально упрощенных осцилляторов вводятся аксиоматически. Такие ОНС пригодны для весьма приближенного, качественного описания реальных процессов [1, 2, 8].

Отличительной особенностью таких осцилляторных нейроноподобных измерительных устройств от традиционных цифровых измерительных устройств является то, что функциональные устройства аналогового типа, не требуют специального программного сопровождения. Алгоритм работы таких устройств не детерминирован, многообразен, их можно сделать самоадаптируемыми к изменяющимся условиям работы.

В сложных динамических системах детерминировано или хаотически могут происходить изменения их структуры. Это, с одной стороны, существенно усложняет анализ протекающих в них процессов, с другой – значительно расширяет их функциональные возможности. Расширяется, соответственно, и область применения технических устройств на их основе. С их помощью можно производить получение, передачу, обработку и хранение информации. Например, в зависимости от уровня взаимодействия между отдельными осцилляторами они могут быть ведущими или ведомыми, что соответствует наличию положительной или отрицательной обратной

связи в системе, так как это определяет направление потока энергии взаимодействия между отдельными подсистемами [9].

К настоящему времени на базе различных типов взаимодействующих осцилляторов были созданы различные типы высокоэффективных измерительных устройств. Например, для создания высокочувствительных первичных измерительных преобразователей были использованы пьезоэлектрические резонаторы, электрические колебательные контуры и т.п. Применение режимов связанных колебаний осцилляторов в сложных колебательных системах измерительных устройств позволило существенно повысить эффективность и расширить область практического применения средств измерений на их основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1997.
2. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.М. Нелинейные колебания: Учеб. пособие для вузов.-М.: Издательство физико-математической литературы, 2002.
3. Ф.Уоссермен, Нейрокомпьютерная техника, М., Мир, 1992.
4. Итоги науки и техники: физические и математические модели нейронных сетей, том 1, М., изд. ВИНТИ, 1990.
5. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта/ Под ред. Д.А. Поспелова – М.: Наука, 1986 – 312с.
6. Ерофеев А.А., Поляков А.О. Интеллектуальные системы управления. СПбГТУ, СПб, 1999 – 265 с.
7. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику: Учеб. руководство. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1990 272с.
8. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука, 1990.
9. Седалищев В.Н., Хомутов О.И. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики с использованием связанных колебаний для экстремальных условий эксплуатации: монография. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.