

ТЕОРИЯ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

УДК 681.58632.62-529

КОМПЛЕКС ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В. В. Леснов, В. М. Гладченко, И. В. Леснов, А. В. Гладченко, О. А. Юланов

Рассмотрена идеология и основные принципы реализации инвариантных к объекту контроля интеллектуальных датчиков механических параметров для систем контроля сложных промышленных объектов.

В автоматических системах управления технологическими процессами (АСУТП), а также при проведении автоматизированного контроля сложных автоматических систем регулирования (АСР) возникает необходимость контроля различных механических параметров с использованием соответствующих датчиков. С возрастанием сложности и повышением требований к надежности указанных систем возрастают и требования к датчикам. По мере развития АСУТП и систем контроля АСР возникла необходимость введения в них искусственного интеллекта. Это позволяет качественно изменить характеристики систем, улучшить их эксплуатационные характеристики, повысить надежность и точность управления и контроля. Однако далеко не всегда принципы искусственного интеллекта, необходимые для использования в подобных системах, понимаются однозначно.

Принципы построения и реализации интеллектуальных датчиков механических параметров АСР промышленных объектов, излагаемые ниже, были развиты на основе многолетней практики проектирования и эксплуатации компьютерных систем кон-

троля АСР паровых турбоагрегатов [1]. Вместе с тем, на определенном этапе их развития была поставлена задача создания компьютерных систем, инвариантных к объекту контроля и/или управления. Очевидно, что в этом случае необходимо предусматривать возможность использования идей искусственного интеллекта, начиная с уровня датчиков.

Современная техника, в частности компьютерная и микропроцессорная, позволяет обеспечить получение данных, на основании которых можно дать объективное заключение о состоянии АСР или качестве АСУТП. В результате становится возможным выявлять скрытые дефекты, делать выводы о необходимом объеме ремонтных работ и т. д. Вследствие этого сокращается риск пропуска отклонений в элементах систем, уменьшаются трудозатраты на проведение технического обслуживания. В совокупности с этим обеспечивается не только объективность контроля и/или управления, но и создается значительная экономия потребных ресурсов материальных и временных.

Основные виды контролируемых параметров в процессе испытаний АСР или при исполь-

зовании в составе АСУТП относятся к разряду механических. Обычно при таких испытаниях контролируются:

- угловые перемещения элементов АСР;
- наклон отдельных элементов системы относительно каких-либо других частей;
- прогиб, например, вала турбины;
- линейные перемещения элементов АСР;
- уровень вибраций;
- давление в разных частях системы;
- силовые параметры, например, усилия сжатия или растяжения;
- частота вращения, например, вала турбины.

Указанный набор измеряемых параметров физических величин при контроле турбин является, по-видимому, типичным для большинства систем регулирования и систем управления технологическими процессами различных промышленных объектов. Отличия заключаются в диапазонах измеряемых параметров, степени удаленности точки контроля от центрального процессора системы контроля, внешних механических и климатических воздействиях.

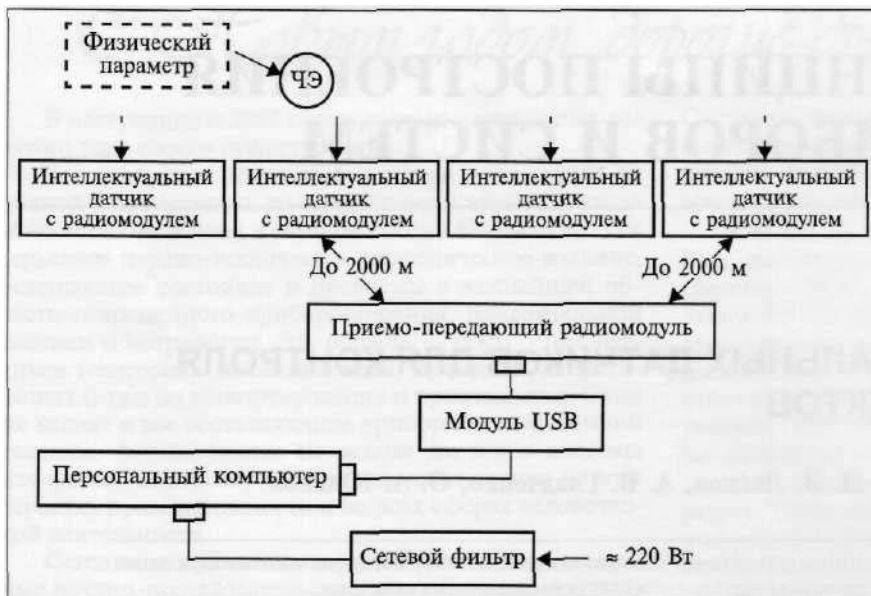


Рис. 1. Структурная схема системы контроля промышленных объектов с использованием принципов искусственного интеллекта

Идея создания систем с использованием интеллектуальных датчиков контроля параметров первоначально возникла из-за необходимости в отдельных случаях исключить использование проводной связи между датчиком и центральным процессором. Сначала эта задача решалась путем введения в структуру системы контроля радиоканала для передачи данных от датчика к процессору. Однако практически сразу же возникла потребность в создании двунаправленных каналов связи "датчик-процессор". Это обусловило необходимость первичной обработки информации в самом датчике с помощью микропроцессорной техники, что позволило пересмотреть состав задач, выполняемых в датчике.

В итоге была принята концепция построения современной системы контроля с использованием в структуре каждого из составляющих ее узлов принципов интеллектуальной обработки информации. На рис. 1 приведена структурная схема системы, принятая к реализации в рамках государственной программы "Исследование и разработка системы на базе комплекса ин-

теллектуальных датчиков механических и электрических параметров" по контракту с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере № 3411р/5881 от 17 августа 2005 г. Принципы реализации указанной программы основываются на определенном понимании идеологии использования искусственного интеллекта в промышленных системах.

Разные авторы по-разному понимают эту задачу. В работе [2], например, помимо рассмотрения существующих разнообразных точек зрения на использование идей искусственного интеллекта в промышленных системах, высказана мысль о том, что "в качестве определяющего признака интеллектуального датчика предлагается принять наличие у него избыточности, обеспечивающей восприятие и переработку дополнительной информации, и на этой основе — выполнение функций метрологического самоконтроля. Термином "метрологический самоконтроль" предлагается именовать автоматический контроль стабильности метрологических характеристик, оп-

ределенных при предыдущей проверке... Способность к метрологическому самоконтролю позволяет датчику осуществлять функции самокоррекции и обеспечения живучести".

Довольно трудно объяснить такое существенное ограничение функций искусственного интеллекта, используемого в составе датчиков. Кроме того, применение искусственного интеллекта для повышения живучести датчиков нам представляется ошибочным. Термин "живучесть" следует соотносить с решением задачи обеспечения надежности (получения достоверной информации от датчика в процессе его продолжительной работы), решаемой, как правило, методами теории надежности технических систем. "Метрологический самоконтроль" к этому не имеет прямого отношения, поскольку он автоматически предполагает наличие каких-то эталонов, с которыми осуществляется сопоставление характеристики преобразования. Следовательно, эталоны, так или иначе, должны быть внешними по отношению к самому датчику. Также целесообразно учитывать, что современная микропроцессорная техника позволяет решать множество других задач, связанных с улучшением эксплуатационных характеристик, в частности датчиков.

По этим причинам при формировании идеологии системы контроля с использованием искусственного интеллекта был заложен следующий принцип — *элементы искусственного интеллекта, используемые в составе датчиков, должны обеспечивать повышение всей совокупности эксплуатационных характеристик этих датчиков и системы в целом.*

Для достижения указанной цели в составе датчиков были предусмотрены следующие функции:

— первичная обработка информации в самом датчике;

— возможность тарировки характеристик для повышения точности измерений;

— возможность перепрограммирования характеристики преобразования (в части привязки нуля характеристики преобразования и перестройки диапазона измерения);

— возможность накопления данных за определенное время с их привязкой к сетке времени (для пакетной передачи информации в цифровой форме с целью обеспечения повышения пропускной способности тракта связи и сокращения потребляемой мощности самого датчика и тракта связи);

— возможность формирования выходных данных в унифицированной аналоговой и/или цифровой форме для обеспечения работы в составе любых промышленных систем технологического контроля или управления;

— возможность передачи данных в цифровой форме по унифицированному радиоканалу в разрешенном диапазоне частот.

Таким образом, под интеллектуальным датчиком в данном случае понимается такой датчик, в котором обеспечивается первичная обработка информации, осуществляется автоматическая калибровка характеристик, перенастройка диапазона, привязка нуля характеристики преобразования, накопление данных с привязкой их к сетке времени и передача данных по запросу в центральный процессор. Видно, что введение искусственного интеллекта в структуру датчиков создает условия инвариантности применения как систем контроля, так и самих датчиков.

Из принятой структурной схемы такого датчика, не связанной с содержанием преобразуемого физического параметра (рис. 2), видно, что в датчике используется принцип компенсационного измерения параметров: внешний физический пара-



Рис. 2. Структурная схема интеллектуального датчика

метр, воздействуя на чувствительный элемент (ЧЭ), вызывает появление на его выходе электрического сигнала, который является результатом преобразования физического параметра. Еще один способ использования искусственного интеллекта заключается в том, что в памяти датчика заносится эталонная характеристика преобразования, с которой при помощи специальной программы сравнивается снимаемая характеристика, и в результате появляется возможность внесения поправок в результат измерения. Действие его алгоритма сравнения по механизму компенсации снимается лучшая характеристика, и в итоге появляется возможность линейности ЧЭ и вызывающие поправки в результате преобразования (измерения).

Этим обеспечивается автоматическая калибровка во всем диапазоне.

Для примера рассмотрим принцип преобразования угловых параметров с использованием в качестве ЧЭ датчиков Холла. На рис. 3 приведена структура ЧЭ. Здесь датчики Холла в $D1$ и $D2$ геометрически сдвину-

ряде случаев. Следовательно, использование принципа компенсации уже обеспечивает интеллектуализацию процесса измерения, который реализуется в аналоговой форме. Однако указанный принцип удается использовать далеко не всегда. Таким способом целесообразно измерять параметры наклона частей системы, прогиб элементов системы, силовые параметры. В качестве чувствительного элемента при этом целесообразно использовать датчики Холла.

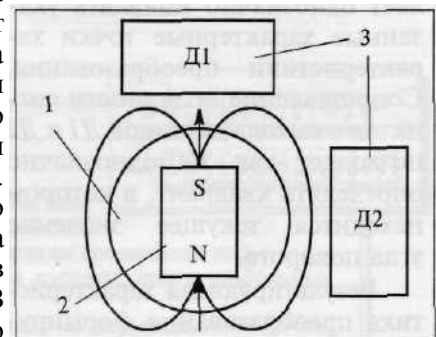


Рис. 3. Структура датчика угловых параметров на основе датчиков Холла: 1 — поворотная платформа; 2 — постоянный магнит; 3 — датчики

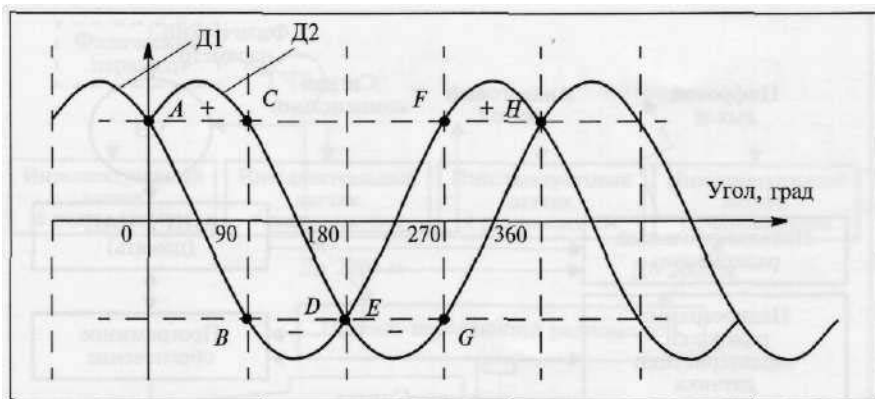


Рис. 4. Сигналы с выхода датчиков Холла при повороте платформы с магнитом

ты в пространстве на 90° относительно друг друга. Постоянный магнит, жестко размещенный на поворачивающейся платформе, воздействует на датчики Холла своим магнитным полем и соответственно пространственному сдвигу изменяет характеристики датчиков так, что электрические сигналы датчиков получают фазовый сдвиг на 90° электрических градусов (рис. 4). Для работы преобразователя достаточно использовать участки характеристик датчиков, на которых происходит максимальное изменение сигнала на выходе при минимальном изменении физического параметра (угла). Этому соответствует разбиение характеристики преобразования на квадранты, т. е. на участки по 90° .

В точках А (Я), В (С), D (Е), F (G) при значениях углов 0° , 90° , 180° , 270° абсолютные значения сигналов с выходов датчиков Холла равны, что позволяет однозначно выявлять указанные характерные точки характеристики преобразования. Сопоставление полярности сигналов с выходов датчиков Д1 и Д2 позволяет так же однозначно определять квадрант, в котором находится текущее значение угла поворота.

Результирующая характеристика преобразования формируется за счет "сшивания" отдельных участков, соответствующих каждому квадранту. Такая характеристика представлена на

рис. 5. Видно, что в пределах 360° погрешность измерения угла будет соответствовать точности аппроксимации характеристики датчика в пределах квадранта, а также будет определяться стабильностью источника питания датчиков, температурной стабильностью характеристик датчиков, точностью пространственного сдвига датчиков относительно друг друга, а также эксцентриситетом платформы с магнитом относительно датчиков. Каждую из этих со-

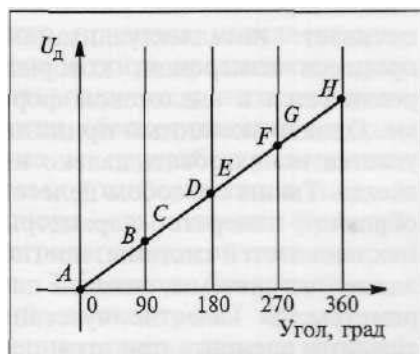


Рис. 5. Результирующая характеристика преобразования

ставляющих погрешности можно уменьшать конструктивными, технологическими и схемотехническими методами. Использование принципов искусственного интеллекта позволяет многие слагаемые погрешности преобразования существенно уменьшить благодаря тому, что в процессе изготовления осуществляется "паспортизация" характеристик датчиков. Паспортные данные запоминаются

в собственной памяти датчика, что соответствует хранению точных значений угла с привязкой к реальным параметрам.

Таким образом, в самой структуре датчика как бы постоянно содержится мерительный эталон, по которому происходит непрерывная проверка датчика в процессе эксплуатации. Кроме того, при подобранных характеристиках датчиков (при их взаимном соответствии) число паспортных данных существенно сокращается. Все эти меры приводят к тому, что текущая погрешность измерения угла минимизируется и остается постоянной во всем диапазоне измерения. В этом случае погрешность не превышает значения погрешности измерения угла внутри одного квадранта, которая может быть уменьшена за счет использования искусственного интеллекта. Указанный принцип может быть положен в основу построения датчиков угла и датчиков перемещения.

Унифицированные ЧЭ датчиков позволяют в определенной степени унифицировать многие схемотехнические решения и в итоге получать унифицированные выходные параметры датчиков, представленные в аналоговом и/или цифровом виде. Последнее позволяет переходить при необходимости к передаче данных с использованием радиоканала.

Работы по созданию интеллектуальных датчиков механических параметров на основе рассмотренных выше основных принципов построения для использования в системах контроля и в системах АСУТП были начаты в августе 2005 г. и уже привели к созданию ряда изделий. К настоящему времени изготовлены экспериментальные образцы датчиков наклона, датчиков перемещения и макетный образец датчика перемещения с радиоканалом. Разработки интеллектуальных датчиков вибрации, оборотов, силы должны за-

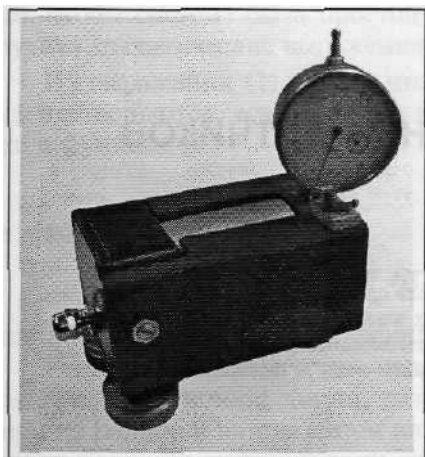


Рис. 6. Датчик наклона

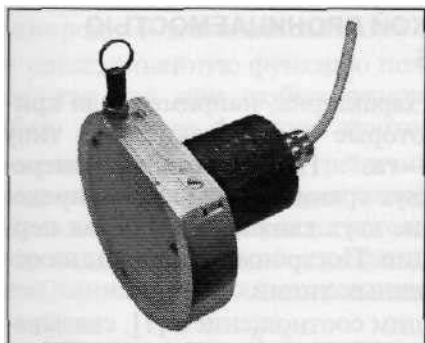


Рис. 7. Датчик перемещения

вершиться в 2006 г. созданием полного набора необходимых датчиков с использованием принципов искусственного интеллекта.

Особенность датчика наклона (рис. 6) — повышенная ударостойкость, т. е. способность сохранять эксплуатационные характеристики при повышенных ударных воздействиях в процес-

се эксплуатации, например, для контроля параметров железнодорожного полотна при непрерывном движении технологического поезда и др. Диапазон измерений может устанавливаться от 5 до 20 угл. мин с разрешающей способностью 4096 тыс. дискрет.

Датчик перемещения (рис. 7) предназначен для измерений в диапазонах 50...350 мм и более с дискретностью 4096 дискрет внутри квадранта измерения. При этом диапазон измерения может программироваться под задачи конкретного объекта контроля, а начало шкалы измерения может задаваться либо с помощью компьютера, либо вручную с помощью специальной кнопки на корпусе датчика.

На рис. 8 представлена система контроля параметров перемещения вместе с радиоканалом. На переднем плане виден

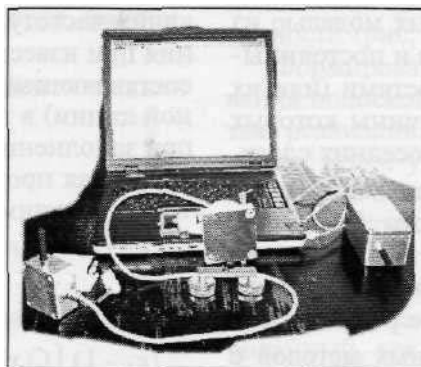


Рис. 8. Система контроля перемещения с радиоканалом

сам датчик с радиомодулем (слева), а компьютер (ноутбук) и модуль справа от него представляют собой базовую часть системы. Система была проверена в 2005 г. в условиях работы на тепловой электростанции с целью проверки устойчивости связи по радиоканалу. Испытания подтвердили правильность принятых технических решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юланов О. А., Лесное В. В., Гладченко В. М., Лесное И. В. Проведение компьютерного контроля автоматических систем регулирования // Электрические станции. — 2005. — №9.
2. Тайманов Р. Е., Сапожников К. В. Проблемы создания нового поколения интеллектуальных датчиков // Датчики и системы. — 2004. — № 11.
3. Гладченко А. В., Гладченко В. М. Датчик поворота, заявка на патент № 2005133557 от 02 ноября 2005 г.

Валерий Валерьевич Лесное — ген. директор ЗАО "Теплоэнергетические технологии";

Игорь Валерьевич Лесное — директор ЗАО "Теплоэнергетические технологии";

Валерий Михайлович Гладченко — гл. инженер ЗАО "Теплоэнергетические технологии";

(343) 338-44-28, 338-44-21 E-

mail: tet@zaotet.ru

•Андрей Валерьевич Гладченко — ген. директор ООО "Приборы и системы интеллектуальных систем контроля";

Олег Александрович Юланов — научн. работник ООО "Приборы и системы интеллектуальных систем контроля".

E-mail: poisk@zaotet.ru □

Уважаемые читатели!

**ДАТЧИКИ
и СИСТЕМЫ**

Если Вы не успели подписаться на журнал "Датчики и Системы", напоминаем Вам, что через Редакцию можно оформить льготную подписку в любое время и с любого номера (дешевле, чем через каталоги агентств) или приобрести номера журнала за прошедшие годы.

Можно также заказать электронные версии как необходимого Вам номера журнала, так и отдельных статей.

Позвоните в Редакцию по тел. (495) 330-42-66 или пришлите заказ по электронной почте (E-mail: datchik@jru.rssi.ru) — и подписка будет оформлена за один день. Расходы по пересылке журнала Редакция берет на себя. Не забудьте указать свой полный почтовый адрес!

Наш адрес: 117997, В-342, ГСП-7, Профсоюзная ул., д. 65, ИГУ РАН, оф. 104.