

Надежность контрольно-измерительных приборов – обязательное условие эффективного управления технологическими процессами. Эти устройства должны не только передавать точные и воспроизводимые данные без перебоев, но и выполнять свою задачу с минимальными требованиями к обслуживанию и не вызывать простоев. И конечно же, их монтаж должен быть простой процедурой.

В этой серии кратких обзоров журнал рассказывает о трех достижениях, связанных с развитием техники обработки сигналов.

Новое в обработке СИГНАЛОВ

Техника обработки сигналов на службе КИП

Шон Кипинг, Эухеньо Волонтерью, Рэй Кич, Гарет Джонстон, Андреа Анденна

Обработка сигналов – не самая очевидная область, с которой принято начинать разработку нового контрольно-измерительного устройства. Зачастую гораздо проще достичь улучшения характеристик в таких областях, как эффективность работы, надежность конструкции чувствительных элементов или электроники, экономия материалов и экономичная организация производственных процессов, либо путем расширения функциональности.

Однако по мере все более широкого распространения КИП одной из важных областей, в которых изготовители могут достичь преимущества

перед конкурентами – это усовершенствование самой измерительной системы.

Процесс такого усовершенствования начинается со знаний. При создании нового изделия важно понимать потребности заказчика, а также применять полезную дополнительную информацию, которую можно почерпнуть из результатов измерений, что дает ценную возможность непосредственно ознакомиться с состоянием изделия или ходом процесса.

Компания АББ приложила усилия к поиску новых способов повышения привлекательности

своих изделий за счет техники обработки сигналов. Результаты этой работы описаны ниже в двух примерах, в одном из которых речь идет об измерении расхода, а во втором – давления.

В третьем примере рассмотрены беспроводные технологии. В статье показано, как это новое направление может повысить коэффициент использования функций прибора и открыть для него новейшие области применения.

Автоматическая калибровка электромагнитного расходомера

Компания АББ представила новый расходомер, обладающий непревзойденными рабочими характеристиками и стабильностью. Этого удалось достичь путем реализации нового принципа автокалибровки.

Электромагнитный расходомер состоит из двух основных элементов:

- датчика, или чувствительного элемента, включающего в себя измерительную трубку с электроизоляционным покрытием, катушку возбуждения и два или более измерительных электрода (рис. 1);
- преобразователя сигнала расхода, например АББ WaterMaster (рис. 2а) или ProcessMaster (рис. 2б), который подает питание на катушки и измеряет слабый сигнал с электродов.

Для соблюдения метрологических требований к измерительным приборам, которые становятся все строже, в данном случае – в связи с Международной рекомендацией R49 МОЗМ¹⁾ [1], компа-

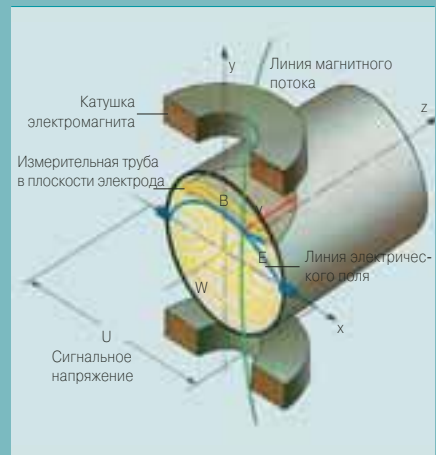
¹⁾ МОЗМ, Международная организация законодательной метрологии – OIML, Organisation Internationale de Métrologie Légale

ния АББ разработала метод автоматической калибровки [2]. Этот метод был реализован в серии расходомеров WaterMaster производства АББ.

При выполнении данной рекомендации изделие может удовлетворять условиям Директивы по измерительным приборам (Measuring Instruments Directive), которая вступила в силу с ноября 2006 года. Рекомендация R49 предписывает, что электромагнитные расходомеры должны обладать «средствами контроля», под которыми подразумевается подача имитированного сигнала на вход преобразователя сигнала расхода и проверка того, что выходной сигнал попадает в заданный диапазон.

Этот метод был в дальнейшем доработан, и теперь сигнал применяется не только для контроля

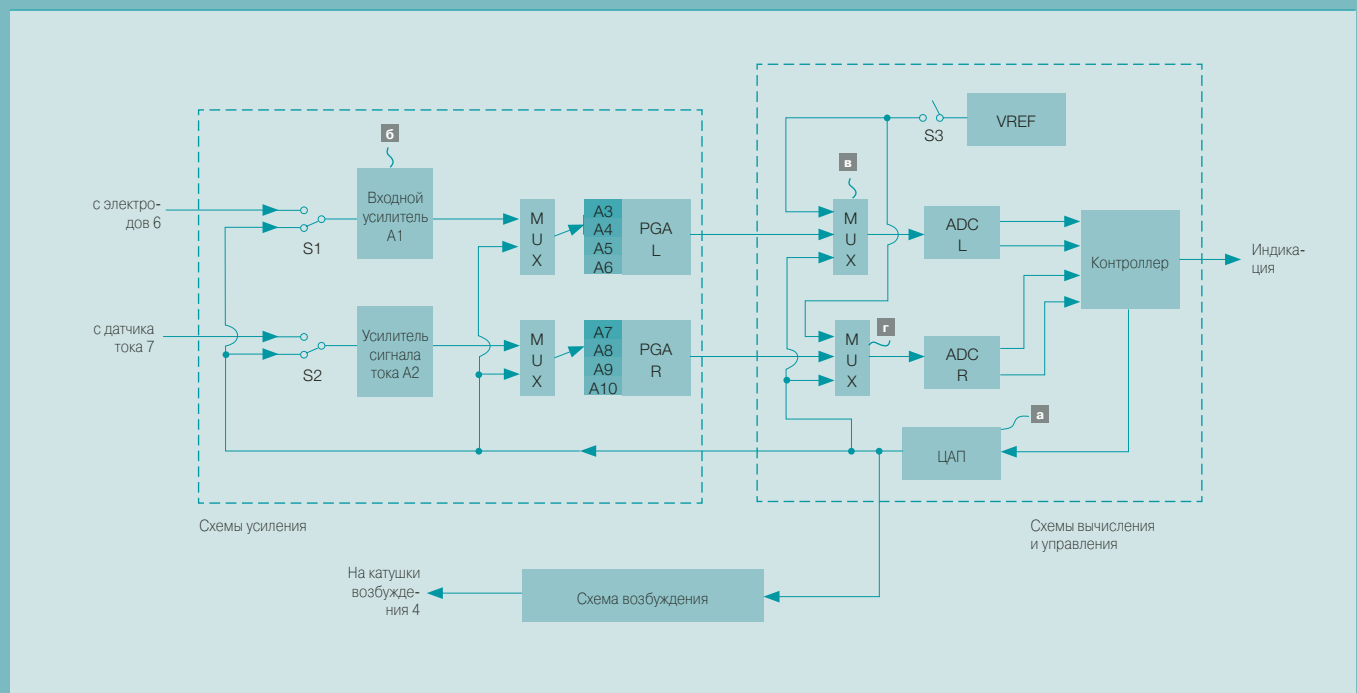
1 Чувствительный элемент электромагнитного расходомера



2 Электромагнитные расходомеры производства АББ: WaterMaster (а) и ProcessMaster (б).



3 Блок-схема разработанного АББ нового метода автокалибровки электромагнитных расходомеров.



Инновации в изделиях

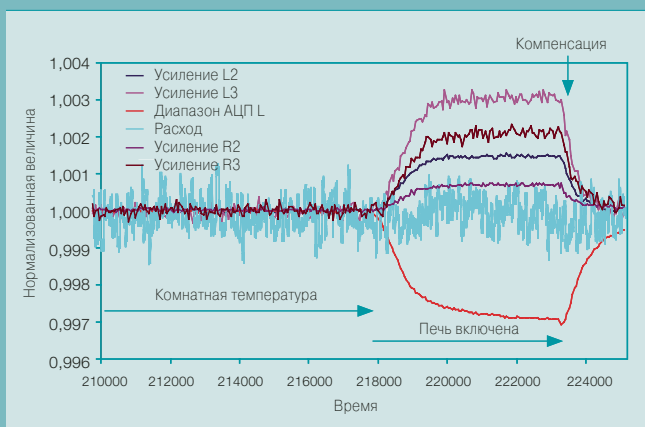
амплитуды, но и для выполнения автоматической калибровки. Таким образом требования рекомендации R49 были не только выполнены, но и превышены – прибор благодаря этому обрел ряд новых привлекательных возможностей. Они приведены во вставке 1.

Принцип работы нового метода проиллюстрирован на рис. 3. Поскольку система автоматически перенастраивается, отсутствует потребность в прецизионных элементах измерительного тракта. В качестве аналого-цифрового преобразователя применена микросхема аудиокодека с высокой линейностью характеристики. С помощью ряда мультиплексоров генерируется имитированный сигнал, поступающий далее на обработку в цифро-аналоговый преобразова-

Основные особенности нового семейства расходомеров WaterMaster

- Автокалибровка прибора
- Отсутствие необходимости в заводской калибровке
- Калибровка производится постоянно при нормальной работе
- Сверхвысокая стабильность во времени
- Крайне низкий температурный коэффициент
- Недорогой аудиокодек
- Устойчивость схемы к любым постоянным смещениям
- Невысокая стоимость, благодаря наличию лишь одного прецизионного компонента
- Показ пользователю поправки в процентах для целей диагностики
- Предельные значения для обнаружения аппаратных сбоев и выхода настроек за пределы диапазона

4 Влияние значительных динамических колебаний температуры на различные параметры системы, компенсация влияния.



тель (рис. 3а). Далее сигнал непосредственно передается на тот же входной усилитель (рис. 3б), который применяется для усиления и обработки сигналов с электродов.

Новым в предлагаемой схеме является то, что измеряемая величина определяется не по фактической абсолютной величине сигнала, а по ее характеристике. За счет использования мультиплексоров (рис. 3в и 3г), передающих опорное напряжение непосредственно на АЦП, система становится полностью независимой от передаточных характеристик, смещений и стабильности любого из своих компонентов, а выходной сигнал не зависит от уровня опорного напряжения.

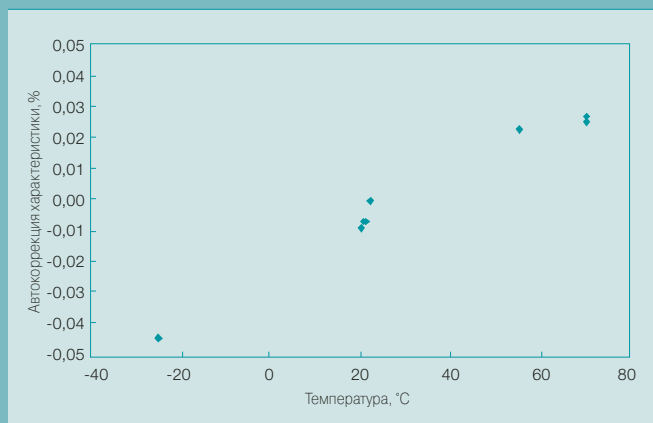
Было доказано, что точность работы изделия зависит лишь от одного компонента: резистора, необходимого для измерения тока через катушки. На рис. 4 показано, насколько хорошо новая система компенсирует температурные зависимости составляющих элементов.

По сравнению с традиционной схемой преобразователя, которая зачастую зависит от характеристик десятка прецизионных компонентов, сокращение их числа до одного позволяет повысить стабильность параметров до непревзойденного уровня. На рис. 5 показано, какой регулировки требует расходомер для компенсации изменений температуры. На рис. 6 показана общая стабильность прибора в широком диапазоне температур. При получении этих результатов между замерами температура после каждого нового значения всегда возвращалась к 20 °С, что указывает на отличную воспроизводимость измерений.

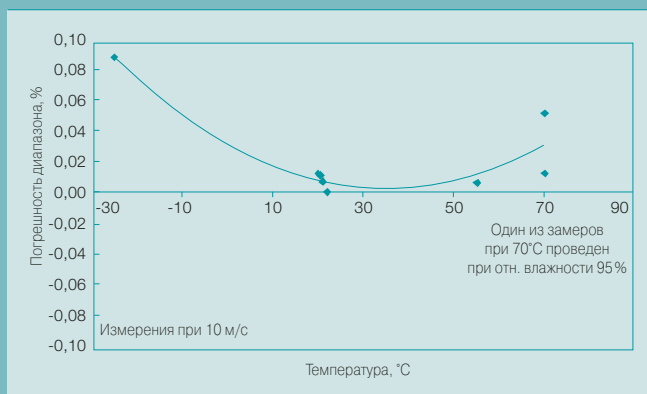
Поскольку система автоматически перенастраивается, отсутствует потребность в прецизионных элементах измерительного тракта.

Реализация компаний АББ системы автоматической калибровки электромагнитного расходомера – первая в мире, обладающая столь непревзойденными характеристиками и стабильностью. Новое изделие было запущено в производство в Барселоне 7 ноября 2007 г.

5 Внутренние автоматические поправки к характеристике, выполняемые расходомером для компенсации колебаний температуры.



6 Общая погрешность диапазона датчика в зависимости от температуры. Температура после каждого измерения возвращалась к 20 °С для демонстрации высокой воспроизводимости результатов.



Обнаружение закупорки импульсных линий дифференциального датчика давления

Некорректные измерения могут привести к серьезным негативным последствиям при управлении технологическим процессом, поэтому очень важно обнаруживать ошибки как можно быстрее после их возникновения. Если говорить об измерении дифференциального давления, блокировка импульсных линий в этом случае особенно труднообнаружима, поскольку результат измерений на первый взгляд сохраняет нормальные значения. Компания АББ нашла способ выявлять такие ситуации с использованием фонового шума процесса.

Дифференциальный датчик давления – устройство, предназначенное для измерения перепада давления между двумя точками системы. Основной областью применения таких датчиков является определение расхода среды через трубопровод. Это достигается путем измерения перепада давления, создаваемого так называемым первичным элементом. Этот элемент помещается в поток и вызывает местный перепад давления. Перепад измеряется прибором, и из его величины рассчитывается расход на основе знаний о геометрической форме и размерах первичного элемента. Дифференциальные датчики давления присоединяются к технологическому трубопроводу с помощью двух трубок, называемых импульсными линиями (рис. 7).

Если говорить об измерении дифференциального давления, блокировка импульсных линий в этом случае особенно труднообнаружима, поскольку результат измерений на первый взгляд сохраняет нормальные значения.

На протяжении срока службы датчика эти линии могут оказаться заблокированными присутствующими в среде твердыми примесью, отложениями известняка или льдом. Для предотвращения этого

требуется значительный объем работ по обслуживанию. Такие работы осложняются еще и тем фактом, что, в отличие от большинства других отказов, возникающих в полевых устройствах, блокировка импульсной линии не отражается на работе аппаратной части прибора: если ошибка остается незамеченной, результат измерений остается в диапазоне допустимых значений. В связи с этим обнаружение подобных дефектов оказывается особенно трудным.

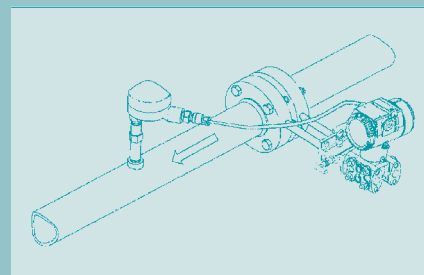
Основная экономия при использовании автоматического обнаружения получается вследствие сокращения объемов профилактического обслуживания.

Однако, выход из этой ситуации есть: экспериментально показано, что засорение линии может быть выявлено путем анализа измеренного сигнала дифференциального давления. На основе этих экспериментальных результатов был разработан метод автоматического обнаружения засорения импульсных линий, а соответствующий алгоритм был реализован в дифференциальных датчиках давления серии 2600T.

Принцип работы функции PILD (Plugged Impulse Line Detection, обнаружение закупорки импуль-

сных линий) основан на эмпирически определенных характеристиках наблюдаемых временных рядов при измерении давления. На расход среды влияют колебания давления, создаваемые другими устройствами и агрегатами, взаимодействующими со средой. Примером может служить насос, создающий шум в сигнале дифференциального давления. В нормальных условиях, когда линии не закупорены, этот шум практически полностью компенсируется, поскольку устройство измеряет перепад давлений между двумя относительно близко расположенными точками. Закупорка одной из линий ведет к тому, что компенсация таких колебаний прекращается, и шумы процесса становятся заметными в сигнале дифференциального давления. Наконец, когда блокируются обе импульсные линии, шум в измеренном сигнале дифференциального давления снижается практически до нулевого уровня.

7 Дифференциальный датчик давления установлен на измерительной диафрагме.

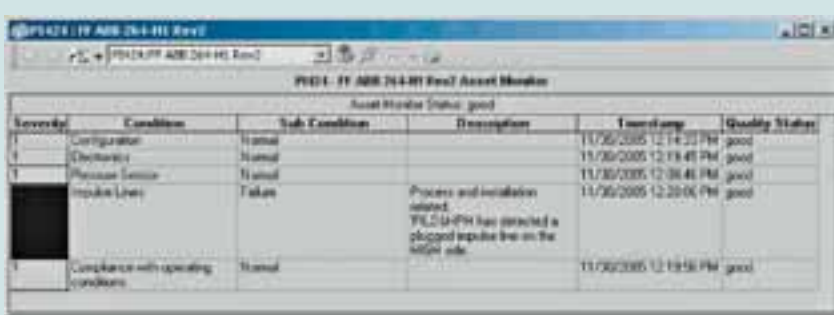


8 Мощность сигнала (а) без закупорки, (б) и (в) при одной закупоренной линии, (г) при закупорке обеих линий.



Инновации в изделиях

9 Вывод функции обнаружения закупорки импульсных линий (PILD).



| Severity | Condition | Sub Condition | Description | Timestamp | Quality Status |
|----------|--------------------------------------|---------------|---|------------------------|----------------|
| | Configuration | Normal | | 11/26/2005 12:14:23 PM | good |
| | Connectivity | Normal | | 11/26/2005 12:18:45 PM | good |
| | Pressure Sensor | Normal | | 11/26/2005 12:28:46 PM | good |
| | Process Lines | Taken | Process and installation related. PILD-M-FM has detected a plugged impulse line on the right side. | 11/26/2005 12:28:06 PM | good |
| | Compliance with operating conditions | Normal | | 11/26/2005 12:18:58 PM | good |

Обобщение этих наблюдений приводит к следующим выводам:

- закупорка одной импульсной линии (рис. 8б и 8в) ведет к повышению уровня шума по сравнению с нормальной ситуацией (рис. 8а);
- закупорка обеих импульсных линий (рис. 8г) приводит к снижению уровня шума по сравнению с нормальной ситуацией.

Новый алгоритм автоматически адаптируется к условиям конкретного процесса на момент монтажа. Обнаружение закупорки линий обеспечивается с определенной устойчивостью к изменению параметров технологического процесса. Продемонстрированные выводы подтверждаются публикациями Университета Суссекса [3, 4, 5] и лабораторий АББ [6].

Основная экономия при использовании автоматического обнаружения получается вследствие сокращения объемов профилактического обслуживания. Выходной сигнал алгоритма PILD должен быть выведен на рабочее место специалиста по техническому обслуживанию и в операторную. Контроль состояния всех датчиков возможен из одной центральной точки доступа посредством шины Fieldbus и функций мониторинга состояния производственных объектов (Asset Monitoring). Это позволяет перейти от профилактического обслуживания к обслуживанию по состоянию на основе времени реакции (рис. 9).

Беспроводные приборы – будущее контрольно-измерительной техники

Беспроводные технологии обладают рядом преимуществ: они обеспечивают экономию на выполнении кабельных соединений (и снижают вероятность ошибок) и облегчают последующее внесение изменений. Компания АББ поддерживает внедрение новой технологии и совместно с другими производителями ведет работу по принятию общих стандартов.

Беспроводные технологии обосновались в современной жизни в самых различных областях: от мобильных телефонов до дверных звонков, от пультов дистанционного управления телевизорами до точек доступа к Интернету и сетей Wi-Fi. Поэтому может показаться странным, что беспроводные технологии так долго отсутствовали в технике автоматизации технологических процессов, несмотря на явные преимущества и высокую заинтересованность конечных пользователей (вставка 2).

Причины такого относительно медленного

развития беспроводного оборудования для АСУ ТП становятся более понятными, если учесть специфические требования. Среди них – надежность, информационная безопасность и простота.

Нефтегазовый сектор одним из первых обнаружил преимущества беспроводных сетей на уровне приборов и определил требования к таким сетям.

В результате пробных проектов с крупными производителями, такими как АББ, нефтегазовый сектор одним из первых обнаружил преимущества беспроводных сетей на уровне приборов и определил требования к таким сетям. В первоначальных испытаниях применялись фирменные сети, которые зачастую сильно сужали выбор производителей оборудования, но при этом не удовлетворяли и трем вышеназванным критериям. Тем не менее они продемонстрировали возможность сократить эксплуатационные расходы с помощью этой технологии. Промышленность тем временем завершает экспериментальную стадию и находится в поиске открытого стандарта, удовлетворяющего всем требованиям

и обеспечивающего построение беспроводных сетей на основе оборудования различных производителей.





В настоящее время над стандартом беспроводной техники для АСУ ТП работают две группы. И хотя в них используется одна и та же радиопередающая техника (стандарта 802.15.4), в прочих отношениях они несовместимы. Два

конкурирующих стандарта носят названия HART 7 и ISA SP100.

Из этих двух стандартов первым для внедрения станет доступен WirelessHART, поскольку текст

стандарта уже написан и прошел одобрение компаниями-членами консорциума. Демонстрация приборов WirelessHART, в том числе производства АББ, Emerson и Siemens, была проведена на выставке ISA в сентябре 2006 года.

Преимущества беспроводной сети для АСУ ТП

Коэффициент эксплуатационной готовности

- Экономичный способ реализации контроля состояния критически важных объектов (манипуляторов, анализаторов) для сокращения незапланированных простоев
- Беспроводной доступ может быть реализован либо в самих приборах, либо с помощью отдельных адаптеров

Внесение изменений в процесс

- Экономичный способ создания точек контроля ТП, которые ранее были слишком дороги и не рассматривались
- Добавление недорогих временных точек контроля ТП для решения сложных проблем во время отладки процесса

Соблюдение законодательства в сфере промышленной безопасности и экологии

- Экономичный способ контроля работы водяной завесы

Экономичный способ контроля:

- детекторов газа,
- водных стоков,
- газовых выбросов,
- работы предохранительных клапанов,
- пароуловителей

Контроль технологического процесса

- Доступ к информации о нескольких параметрах (например, с приборов измерения массового расхода газа)
- Контроль удаленных или недоступных точек (в тех случаях, когда необходимо сооружение кабельных переходов через дороги или прокладка длинных кабелей)
- Сравнение аналоговых и цифровых сигналов (считать положение клапана и сравнить с уставкой)

Шон Кипинг

ABB Automation Products, Instrumentation
Сент-Неотс, Великобритания
sean.keeping@gb.abb.com

Эухень Волонтерьо

ABB T&D S. P. A.
Ленно, Италия
eugenio.volonterio@it.abb.com

Рэй Кич

ABB Automation Products, Instrumentation
Стоунхаус, Великобритания
ray.keech@gb.abb.com

Гарет Джонстон

ABB Automation Products, Instrumentation
Сент-Неотс, Великобритания
gareth.johnston@gb.abb.com

Андреа Анденна

ABB Corporate Research
Баден-Дётвиль, Швейцария
andrea.andenna@ch.abb.com

Литература

- [1] OIML International Recommendation, R49-1, "Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water."
- [2] UK Patent Application. Wray T, 30799GB
- [3] Zhu, H., Higham, E. H., Amadi-Echendu, J. E., Signal Analysis applied to Detect Blockages in Pressure and Differential Pressure Measurement Systems, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings Vol. 2 (1994), pp. 741-744.
- [4] Zhu, H., E. H. Higham, Amadi-Echendu, J. E., The Application of Signal Analysis Methods in Orifice Plate-Differential Pressure Flow Measurements, Technical report, University of Sussex.
- [5] Amadi-Echendu, J. E., Zhu, H., Detecting Changes in the Condition of Process Instruments, IEEE Trans. On Instrumentation
- [6] Andenna, A., Eifel, D., Invernizzi, G., Embedded diagnosis to detect plugged impulse lines of a differential pressure transmitter, Technical paper ABB Schweiz AG, ABB Forschungszentrum, ABB SACE S.p.A.