



Обработка сигналов во встроенных системах

Реализация возможностей по расширению функциональности и повышению характеристик приборов полевого уровня

Андреа Анденна

Базовые и сложные алгоритмы обработки сигналов применяются в самых разнообразных изделиях АББ, снабженных встроенной электроникой: от малогабаритных бытовых детекторов движения до сложных блоков управления высоковольтными распределительными устройствами. В частности, в полевых устройствах обработка сигналов позволяет повысить качество измерений и расширить функциональные возможности приборов.

Алгоритм обнаружения закупорки импульсных линий является одним из примеров такого усовершенствования. Он предназначен для уведомления операторов о закупорке импульсных линий датчиков давления. Такая система дает возможность перейти от профилактического обслуживания к более экономически эффективным прогнозным методам на основе событий.

Технологии встроенных систем

Термин «обработка сигналов» обычно ассоциируется с аудиоаппаратурой, обработкой изображений или системами связи, однако, если взглянуть на продукцию компании АББ, можно убедиться, что сфера применения методов обработки сигналов гораздо шире. Обработка сигналов применяется во многих изделиях АББ, как в средствах автоматизации, так и в устройствах для энергетики. Часто алгоритмы обработки предусмотрены в самих устройствах, таких как блоки управления и измерительные приборы, и исполняются на встраиваемых платформах.

В модемах для связи по линиям электропередачи, например, применяется широкий спектр алгоритмов цифровой обработки сигналов. Основные тематики, связанные с обработкой сигналов, включают модуляцию и демодуляцию, цифровую фильтрацию, преобразования Фурье, преобразование частоты дискретизации, выборку кадров, синхронизацию фазы несущей и интервалов передачи символов, оценку качества каналов и коррекцию, а также обнаружение и коррекцию ошибок. Базовые принципы обработки сигналов хорошо проработаны и применяются во всех современных системах связи. Однако для удовлетворения все более жестких требований, предъявляемых к системам связи по линиям электропередачи, требуются значительные объемы дальнейших исследований. Повышение вычислительной мощности устройств позволит обеспечить более высокую пропускную способность каналов. Полосы пропускания будут увеличены с классических 4 кГц до ~ 32 кГц. В дальней перспективе отдельные системы, возможно, будут обеспечивать гибкую (настраиваемую) поддержку гораздо более широких полос пропускания, вплоть до 1 МГц. В таких, действительно широкополосных, модемах потребуются реализация еще более эффективных алгоритмов обработки сигналов.

Современные блоки защиты и управления для распределительных устройств и автоматических выключателей предоставляют широкий спектр функций электронной защиты электрических систем, работающих под их управлением. Принцип работы этих устройств основан на измерении тока и напряжения, переводе сигналов в цифровую форму и их дальнейшей обработке. Обычно это осуществляется с помощью анализа Фурье: производится расчет гармоник электрических сигналов, которые далее подаются на вход защиты в качестве основных начальных данных. В число таких защит входят максимальная токовая

защита, защита от перенапряжения, а также дифференциальная и дистанционная защиты.

Полевые устройства и аналитические приборы АББ обычно снабжены электронным блоком, принимающим сигналы от чувствительного элемента: датчики давления, например, получают сигнал от пьезорезистивного элемента, электромагнитные расходомеры измеряют напряжение, наведенное специально созданным магнитным полем, а преобразователи температуры принимают сигнал с термопары. Таким образом, в большинстве промышленных измерительных приборов один или более электрических сигналов, поступающих от воспринимающего элемента (иногда называемого первичным), принимаются электронным блоком (вторичной частью). Как правило, все такие сигналы нуждаются в усилении, аналоговой фильтрации, преобразовании в цифровую форму и дальнейшей цифровой обработке микропроцессором или цифровым сигнальным процессором. Обработка сигналов в современных измерительных системах также позволяет решать еще одну важную задачу – моделировать характеристические кривые чувствительного элемента с целью компенсации нелинейности и влияющих факторов.

Обработка сигналов как способ повышения характеристик и расширения функциональности полевых устройств

Полевые устройства становятся все более интеллектуальными, что связано в первую очередь с быстрым развитием полупроводниковой техники, а именно со снижением стоимости и повышением экономичности элементов. В силу этого появляется возможность использовать методы

обработки сигналов для усовершенствования датчиков путем компенсации многочисленных влияющих эффектов, таких как разброс параметров готовых изделий, гистерезис, дрейф, старение и перекрестная чувствительность. Эти эффекты неустраняемы и приводят к возникновению систематической погрешности [2]. Кроме того, заказчики в настоящее время заинтересованы в промышленных приборах, обладающих широким набором функций помимо основной функции измерительного прибора. Наиболее востребованы диагностические функции для контроля состояния прибора и параметров технологического процесса, поскольку они сулят снижение затрат на техническое обслуживание и повышение надежности приборов. Другие производители подтверждают эту тенденцию, а слово «диагностика» уже повсеместно используется в описании технических характеристик приборов нового поколения. До недавнего времени функции контроля процесса, как правило, были реализованы на уровне системы управления, располагающей гораздо большей вычислительной мощностью. Однако усовершенствование встроенных платформ позволяет внедрять сложные алгоритмы на уровне полевых устройств, а не компьютеров системы управления. Иными словами, в настоящее время наблюдается тенденция к переносу интеллектуальных функций с системного уровня на уровень полевых устройств и приборов. В последней части данной статьи будет рассмотрен практический пример, иллюстрирующий такую тенденцию.

Ограничения встроенных платформ

Хорошо известно, что электронные компоненты – процессоры, модули ОЗУ и другие микросхемы – на протяжении многих лет быстро совершенствовались, что привело к улучшению их характеристик, уменьшению габаритов и снижению цены. Это относится ко всем сегментам рынка интегральных схем, от компонентов персональных компьютеров до малых встроенных схем для промышленных устройств. Тем не менее, в типичных встроенных платформах, применяемых в устройствах и приборах АББ, цена и потребляемая мощность остаются ограничивающими факторами.

На рынке промышленных измерительных приборов цена играет важную роль при рассмотрении вопросов технического обслуживания и в значительной мере определяет возможность увеличения доли на рынке. Очень часто изделия конкурирующих производителей сравниваются по качеству, и заказчики принимают решения, исходя из основ-

1 Дифференциальный датчик давления в жестких условиях: техническое обслуживание затруднено.



ном из цены. Однако, как было сказано выше, наблюдается тенденция к удешевлению микросхем, и хотя стоимость электроники обычно составляет значительную долю себестоимости устройства, затраты на изготовление и материалы могут иногда быть гораздо выше. Следовательно, с точки зрения стоимости, современные встроенные архитектуры для промышленных измерительных приборов дают возможность увеличить вычислительную мощность и объем памяти устройств, что упростит реализацию

более сложных алгоритмов и дополнительных интеллектуальных функций.

Многие встроенные системы имеют ограничения по потребляемой мощности. Например, к устройствам с автономным питанием предъявляются определенные требования к продолжительности работы от батарей, поэтому энергопотребление таких устройств жестко ограничивается. Существуют устройства, работающие в нормальном режиме от дополнительного источника питания

(110/220 В), которые в аварийной ситуации и без этого источника должны сохранять работоспособность, пусть и с ограничением по функциям. Именно такие требования предъявляются ко многим блокам управления автоматическими выключателями. Решением здесь служит либо применение батареи, либо организация автономного питания (например, за счет тока, протекающего через выключатель).

Питание многих приборов осуществляется по токовому каналу 4-20 мА, который также применяется в качестве основного входного или выходного аналогового канала. Такие приборы, называемые двухпроводными, могут потреблять не более нескольких десятков милливатт. Безопасность, присущая двухпроводным приборам, благодаря столь малой потребляемой мощности, является их преимуществом. Фактически, это одна из основных причин того, что такой способ питания приборов остается очень популярным среди заказчиков. Потребляемая мощность несколько лет назад стала ограничивающим фактором в процессе усовершенствования электроники, а следовательно, и расширения функциональности, а особенно актуальной эта проблема является при разработке двухпроводных приборов.

Появляется возможность использовать методы обработки сигналов для усовершенствования датчиков путем компенсации многочисленных влияющих эффектов, таких как разброс параметров готовых изделий, гистерезис, дрейф, старение и перекрестная чувствительность.

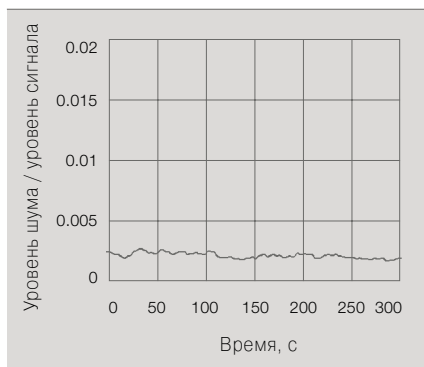
Встроенные функции обработки сигналов: PILD

Функция PILD (plugged impulse line diagnostics – обнаружение закупорки импульсных линий), построенная на основе алгоритма обработки сигналов, была недавно реализована в дифференциальных датчиках давления АББ – такие датчики являются одним из наиболее распространенных видов полевых приборов. Опытный проект продемонстрировал возможности по усовершенствованию полевых приборов за счет внедрения методов обработки сигналов, а также ограничения, связанные с возможностями встроенных платформ.

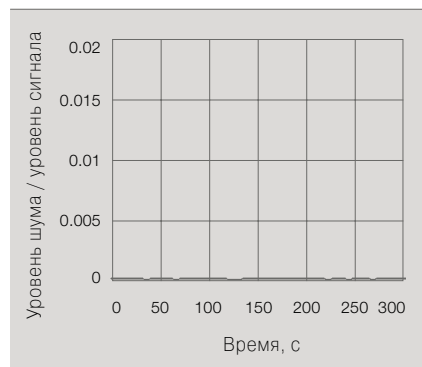


2 Уровень шума в сигнале перепада давления при различном состоянии импульсных линий.

а Линии не закупорены



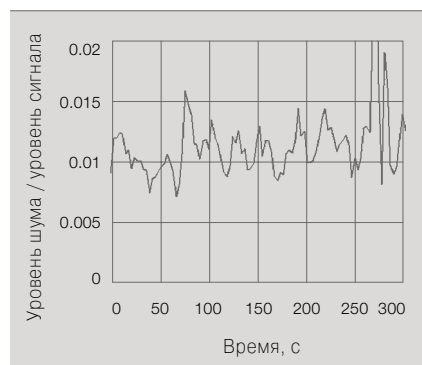
б Закупорены обе линии



в Засорена линия «+»



г Засорена линия «-»



Технологии встроенных систем

Дифференциальные датчики давления – это приборы, позволяющие измерить перепад давления между двумя точками на технологической схеме. Они могут быть установлены в неблагоприятных условиях, что затрудняет доступ к ним для проведения обслуживания (рис. 1). Такой прибор, в основном, применяется для расчета расхода среды в трубопроводе. Эта задача решается путем измерения перепада давления, созданного первичным элементом, обычно трубкой Вентури или измерительной диафрагмой. Зная геометрические параметры первичного элемента, на основе измеренного перепада может быть определен расход.

Дифференциальные датчики давления, быстро выявляющие закупорку импульсных линий, позволяют сократить затраты за счет уменьшения объема профилактических работ.

Дифференциальные датчики давления присоединяются к технологическому трубопроводу с помощью двух трубок, называемых импульсными линиями. Обычно такие трубки имеют малый диаметр (менее 1 см) и большую длину. На протяжении срока службы прибора импульсные линии могут быть частично или полностью закупорены твердыми примесями технологической среды (например, песком) или другими отложениями, накапливающимися внутри линий, а также льдом.

В отличие от большинства других неисправностей полевых приборов, такой вид отказа никак не отражается на состоянии аппаратной части прибора, и если не будет устранен, измеряемая

величина и далее будет оставаться в пределах диапазона допустимых значений. После закупорки импульсной линии текущее давление «зависает» и перестает зависеть от реальных параметров технологического процесса. Система управления продолжает использовать измеренную величину в контурах управления, не обнаруживая того, что она не меняется. Единственным признаком, по которому оператор может обнаружить неисправность, оказывается некорректное поведение контуров управления, которое также может быть – на самом деле даже с большей вероятностью – вызвано износом клапана.

Для выявления и очистки засорившейся импульсной линии необходимо приложить значительные усилия. Однако в том случае, если известно, что применяемая технологическая среда способствует закупорке, обычно проводится дорогостоящее профилактическое обслуживание. Дифференциальные датчики давления, быстро выявляющие закупорку импульсных линий, позволяют сократить затраты за счет уменьшения объема профилактических работ.

Алгоритм выявления закупорки

Обнаружение закупорки импульсных линий основано на наблюдении за изменением характеристик сигналов давления во времени. На расход среды влияют колебания давления, создаваемые другими устройствами и агрегатами, взаимодействующими со средой, такими как насосы. Эти колебания обнаруживаются в сигнале дифференциального давления в виде шума. В нормальной ситуации, когда импульсные линии не засорены (рис. 2а), этот шум практически полностью компенсируется, поскольку прибор измеряет давление в двух точках, расположенных в относительной близости друг от друга, обычно всего на расстоянии нескольких сантиметров. Если одна из импульсных линий закупоривается (рис. 2в, 2г), компенсация колебаний давления

прекращается, и в сигнале дифференциального давления четко видны все шумы. Если блокируются обе импульсные линии (рис. 2б), шум снижается практически до нуля, поскольку связь по давлению между датчиком и технологическим трубопроводом полностью исключается.

Поэтому функция PID сначала измеряет уровень шума в сигнале дифференциального давления при чистых импульсных линиях (этап обучения). Затем в ходе нормальной эксплуатации прибора производится статистическое сопоставление уровней шума со значениями, зарегистрированными на этапе обучения. Если статистический анализ показывает значительное отличие реальных значений от значений, полученных на этапе обучения, выдается оповещение о засорении одной или двух импульсных линий.

Этап обучения – это промежуток времени (его продолжительность может быть задана отдельно), в ходе которого алгоритм «обучается» распознаванию нормальных параметров процесса, с помощью которых в дальнейшем может быть обнаружена закупорка импульсных линий. Качество и надежность обучения определяет успех применения функции PID. Дифференциальные датчики давления применяются в самых различных условиях: в разных средах (высоковязких жидкостях, воде, водяном паре, газах и т.п.) и при разных параметрах среды (температура от – 40 до +85°C, абсолютное давление до 600 атм). Без возможности автоматически адаптировать алгоритм к разнообразным условиям функция PID оказалась бы практически бесполезной.

Функция PID была разработана в период с 2003 по 2005 г. Недавно она была реализована в дифференциальных датчиках давления ABB 264 нового выпуска с интерфейсом Foundation Fieldbus.



Андреа Анденна

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

Литература

- [1] Hengjun Zhu, E.H. Higham, J.E. Amadi-Echendu, Signal Analysis applied to Detect Blockages in Pressure and Differential Pressure Measurement Systems, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings Vol. 2 (1994), Pages 741–744.
- [2] H. Trankler, O. Kanoun, «Importance of Signal Processing in Sensor Systems», Technisches Messen 71 (2004) 3
- [3] A. Andenna, G. Invernizzi, D. Eifel, «Embedded diagnosis to detect plugged impulse lines of a differential pressure transmitter», ITG-/GMA Sensoren und Messsysteme 2006, Conference Proceedings