

Контуры управления: на пользу или во вред?

Практический обзор в рамках перерабатывающей отрасли

Александр Хорьх

Замкнутые системы автоматического управления выполняют в перерабатывающей промышленности очень ответственные функции – особое значение они имеют для обеспечения качества, экономичности и безопасности. На практике значительная часть некорректно настроенных контуров автоматического управления может привести к ухудшению производственных показателей.

Исправность и эффективность работы системы управления – совершенно обязательные условия для безопасного ведения процесса с обеспечением максимальной производительности, качества продукции и рентабельности производства. Поэтому контролю и корректировке работы автоматических регуляторов на производстве должно придаваться большое значение.

Для автоматического определения эффективности работы средств регулирования и управления применяется диагностический контроль замкнутых контуров управления (CLCM, Control Loop Condition Monitoring). В данной статье рассмотрена технология диагностического контроля фирмы АББ.



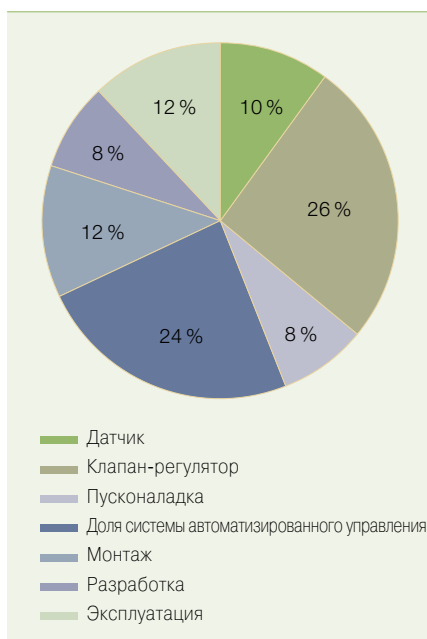
Производительность

Контуры управления – неотъемлемая часть любой системы автоматизации. Оценки (см. рис. 1) показывают, что каждый контур управления – это актив стоимостью 25 000 долларов. Цитируя редакционную статью в недавнем выпуске журнала Hydrocarbon Processing Journal [1], «отсутствие правильно настроенных контуров управления, сокращающих вариации параметров процесса, и современных моделей технологического процесса, реализованных в передовых системах регулирования и учитывающих реальные ограничения и коммерческие целевые показатели, означает потерю множества преимуществ». Иными словами, мысль выражена в заглавии редакционной статьи: «учитывайте контуры управления при распоряжении активами».

Осуществление диагностического контроля контуров управления (CLCM) столь же естественно, как и ведение диагностического контроля клапанов и датчиков. Поскольку базовые контуры управления обладают одним и тем же принципом работы вне зависимости от конкретного объекта управления, в CLCM можно применять общие принципы в самых различных системах и отраслях промышленности.

На большинстве предприятий очень заманчиво применение автоматизированной диагностики контуров, поскольку число контуров слишком велико, чтобы один инженер по эксплуатации мог регулярно, т. е. хотя бы раз в шесть месяцев, их проверять. Еще одной причиной заинтересованности специалистов в CLCM является то, что он не оказывает никакого воздействия на контролируемый объект.

1 Структура стоимости контура управления.



Метод CLCM аналогичен стетоскопу врача: диагноз он ставит на основе пассивного наблюдения за процессом. Обычно не требуется никакой дополнительной информации, кроме стандартных тегов распределенной системы управления: уставки (SP), регулируемой переменной процесса (PV), управляющего сигнала (CO) и т. п. На типичном производственном предприятии перерабатывающей отрасли может использоваться до нескольких тысяч контуров управления. Вместо того чтобы проводить оценку каждого из них, важнее выявить самые неэффективные контуры. На рис. 2 показаны результаты классификации контуров по эффективности работы, включая типовые показатели для каждой категории.

На большинстве предприятий очень заманчиво применение автоматизированной диагностики контуров, поскольку число контуров слишком велико, чтобы один инженер по эксплуатации мог регулярно, т. е. хотя бы раз в шесть месяцев, их проверять.

Необходимость в CLCM?

Оценка работы контуров управления ведется с тех пор, как началась разработка устройств управления. На этапе разработки проектировщик обычно создает устройство с параметрами, удовлетворяющими заданным требованиям. К сожалению, эти параметры зачастую нельзя определить, исходя из данных, собираемых при нормальной работе предприятия.

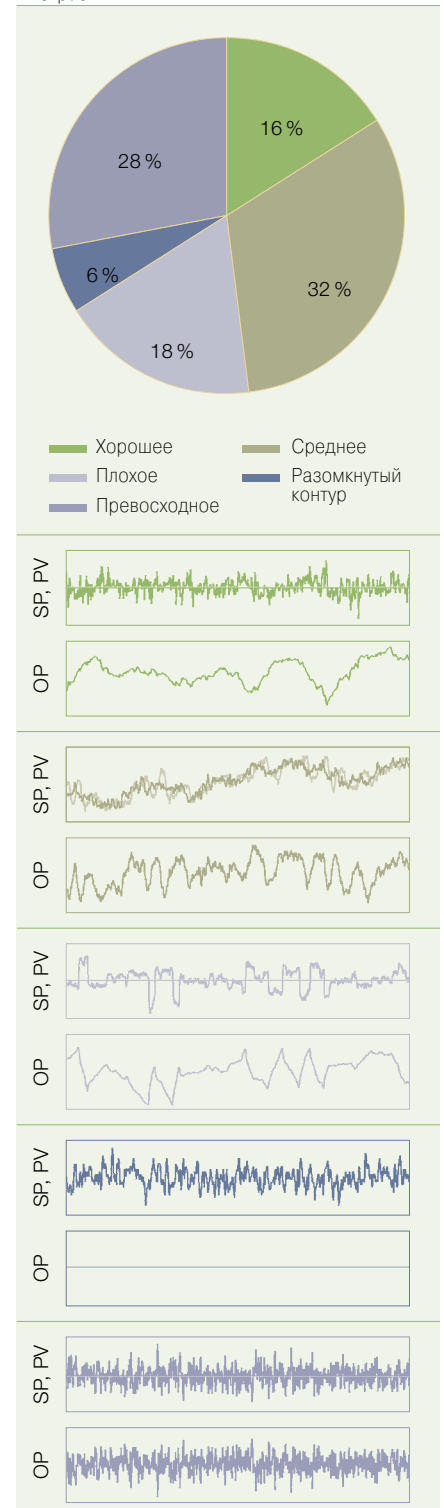
Стараясь решить эту проблему, Т. Харрис [2] разработал простой и очень интересный критерий, позволяющий оценить любой контур управления в нормальных условиях. Производится сравнение фактических характеристик работы устройства управления с лучшими теоретически возможными на основе нормальных данных, получаемых при эксплуатации. Последние десять лет проводится большой объем исследовательской работы с целью дальнейшего развития целостных неинвазивных методов автоматической оценки работы устройств управления. Обзор современных исследований приведен в работе [3].

Во многих из осуществляемых в настоящее время исследовательских и экспериментальных проектах основное внимание уделяется поиску основной причины некорректной работы устройств

управления, выяснению ее природы – является ли она внешней или внутренней, и выявлению путей усовершенствования.

Наиболее явной и серьезной проблемой, связанной с контурами управления, являются регулярно возникающие или непрерывные колебатель-

2 Классификация качества контуров управления на типичном предприятии перерабатывающей отрасли.



ные процессы. Такое поведение системы может быть обусловлено неправильной настройкой устройства управления, посторонними проблемами, засаждением клапанов, отказами оборудования или технологическими причинами. Нерегулярные отклонения от заданных параметров еще сложнее поддаются анализу. К счастью, в наше время колебательные процессы и неудовлетворительная работа контуров могут быть выявлены автоматически – например, с помощью показателя, называемого индексом Харриса [2]. Однако основная задача выявления некорректной работы остается.

Химическая, нефтехимическая и целлюлозно-бумажная отрасли промышленности были первыми, где были внедрены методы CLCM, и в них за годы работы был накоплен большой опыт. Позднее метод был успешно применен на электростанциях.

В CLCM, как правило, работа ведется с большим числом простых контуров управления, необходимых для обеспечения заданного качества продукции и эффективности работы предприятия. Однако в тех случаях, когда применяются очень сложные контуры управления, необходимы более сложные методы контроля. Упреждающее регулирование (например, с помощью контроллеров на базе прогнозирующих моделей) опирается на допущение, что задействованные базовые контуры управления функционируют

удовлетворительно. Обеспечить это позволяют методы CLCM.

Применение CLCM в промышленности

Химическая, нефтехимическая и целлюлозно-бумажная отрасли промышленности были первыми, где были внедрены методы CLCM, и в них за годы работы был накоплен большой опыт. Позднее метод был успешно применен на электростанциях. Растущее число научно-исследовательских коллективов, занимающихся этими вопросами, и возрастающий интерес со стороны различных поставщиков систем автоматизации – признаки того, что CLCM приносит практическую пользу.

Этот интерес обусловлен также и более общими тенденциями в области управления активами. Эти тенденции были описаны в недавней публикации группы ARC [4]:

- выдача рекомендаций, а не только сухой информации;
- продление эксплуатации существующих активов (нет тенденции к замене существующего оборудования);
- обеспечение тесной интеграции с ИТ-средой;
- стремление уйти от высоких финансовых и трудовых затрат на пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию;
- сокращение штатов предприятий и повышение конкурентоспособности за счет создания новой парадигмы эксплуатации.

Разработчики современных средств CLCM стремятся к поддержке этих тенденций. На самом деле, ARC рекомендует к применению комбинацию средств диагностического контроля и настройки устройств управления.

Компания АББ последовала этой рекомендации и совместила обе функции в средстве, получившем

название Optimize^{IT} Loop Performance Manager (LPM) [5].

Что предлагает АББ

АББ предлагает функции CLCM, реализованные на разных уровнях системы автоматизации, с целью удовлетворить различные нужды специалистов на производстве и обеспечить совместимость с различными архитектурами систем автоматизации (рис. 3).

Optimize^{IT} Loop Performance Manager (LPM)

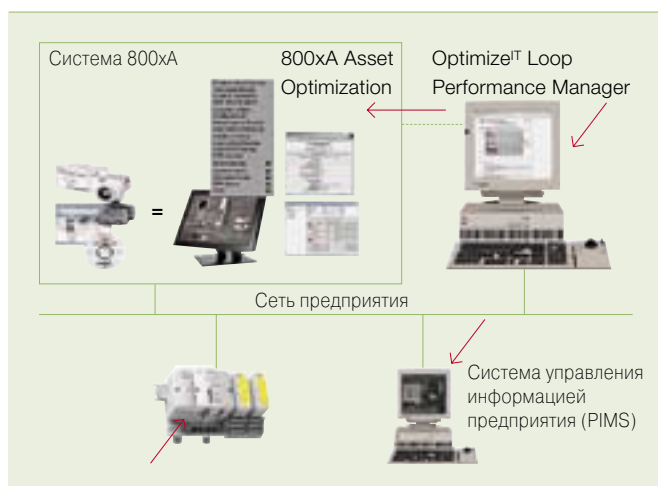
Средство управления параметрами контуров управления Optimize^{IT} Loop Performance Manager (LPM) версии 2.1 – это универсальный и мощный инструмент для диагностического контроля устройств управления. В нем сочетаются функции оценки контуров управления и настройки параметров; предусмотрена работа с системами автоматизации любой архитектуры посредством OPC-интерфейса (рис. 4).

Функции проверки контуров управления в LPM не только указывают лучшие и худшие контуры на выбранном участке производства, но и выдают подробные результаты анализа и способы устранения выявленных проблем. Эти проблемы включают нарушения в работе исполнительных элементов, внешние возмущения и некорректную настройку устройств управления. Если при этом проблема может быть решена перенастройкой устройства, то в дело вступают функции настройки, построенные на основе современных методов настройки и вместе с тем простые в работе.

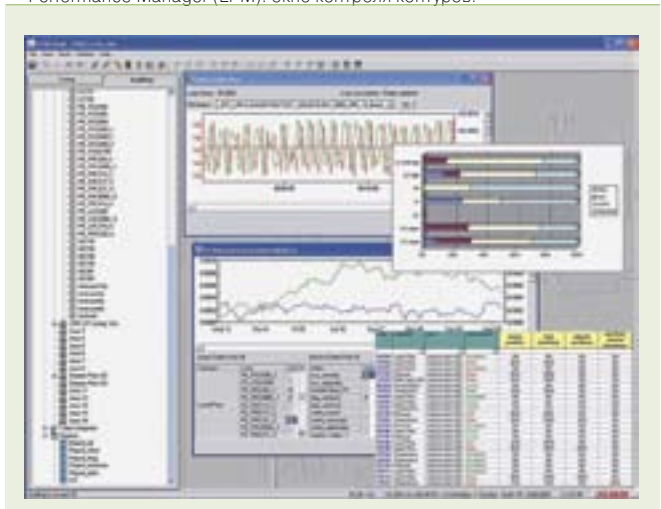
Аппаратура регулирования: Control^{IT} AC800M

На уровне полевых устройств также существует определенная базовая функциональность для диагностического контроля контуров управления. За-

3 Архитектура системы автоматизации с функциями диагностического контроля устройств управления (показаны красными стрелками).



4 Средство управления параметрами контуров управления Loop Performance Manager (LPM): окно контроля контуров.



Производительность

троне, например, возникновение колебательных процессов вследствие неравномерной работы клапанов, вызванной трением, что наблюдается, к сожалению, очень часто. Теперь такие колебания поддаются автоматическому обнаружению с помощью контроллера AC800M фирмы АББ. Но это еще не все – с помощью функций CLCM контроллер AC800M может преодолеть проблему заедания клапана путем внесения импульсов в управляющий сигнал [6]. На рис. 5 изображен типичный график сигнала регулируемого параметра (PV) в контуре управления, где проявляется заедание клапана, и приведена функциональная схема решения этой проблемы в контроллере AC800M.

Методы CLCM позволяют выявлять недостатки в работе контуров управления и достичь существенного улучшения после принятия соответствующих мер.

Контроллер может выявлять заедание клапана и задействовать алгоритм компенсации заедания, обеспечивая наилучшие результаты до ближайшего ремонта клапана. В блоке ПИД-регулирования контроллера AC800M также предусмотрена возможность выявления инерционной работы контура управления.

System 800xA: оптимизация работы оборудования и диагностический контроль контуров управления

В системе управления 800xA фирмы АББ предусмотрена встроенная версия LPM. Поэтому для проведения быстрой и эффективной оптимизации работы устройств управления данные о работе контуров управления передаются в подсистему оптимизации работы оборудования

системы 800xA [7]. Выявлять проблемы и инициировать меры по их устранению пользователю помогают функции обмена сообщениями, связь с компьютерной системой управления техническим обслуживанием (CMMS) и доступ к предыстории и другой информации о работе предприятия в реальном времени.

System 800xA: управление информацией

База данных System 800xA Information Management [8] обеспечивает подготовку стандартных отчетов, что позволяет пользователю выполнять простые операции по обработке сигналов на базе данных предыстории. Благодаря этому методы CLCM можно применить для определения ключевых производственных показателей (KPI). Иными словами, система позволяет проводить оценку работы устройств управления в прошлом и сравнивать с текущими показателями. Кроме того, LPM предоставляет пользователям возможность добавлять к стандартным оценкам собственные показатели производительности.

Применение в промышленности

Без сомнения, на предприятиях возникают различного рода проблемы, связанные с контурами управления. Эти проблемы различаются от отрасли к отрасли.

Проще всего проиллюстрировать этот факт, сравнив систему высокоточного позиционирования в дисковом накопителе с регулятором уровня в уравнильной емкости на целлюлозно-бумажном комбинате. Безусловно, оба устройства управления решают сходные задачи, однако оценки их работы следует выставлять по разным шкалам.

Следовательно, часть методов диагностического контроля лучше подойдет для первого случая, а часть – для второго. Поскольку методы диагностического контроля устройств управления ведут свое начало из перерабатывающей промышлен-

ности, наиболее проработанные методы предназначены именно для проблем, более распространенных в этой отрасли.

Диагностика устройств управления в (нефте) химической и целлюлозно-бумажной промышленности

На рис. 6 приведены подмножества данных до и после принятия мер по улучшению качества работы контуров управления на целлюлозно-бумажном комбинате. С помощью методов CLCM удалось выявить наличие колебательных процессов в контурах управления, в дальнейшем подтвержденное экспериментально. Полученные позже данные явно свидетельствуют о произведенных улучшениях.

Диагностика устройств управления на электростанциях

Проблемы на электростанциях, выявляемые методами CLCM, весьма схожи с проблемами, возникающими в других областях. Есть, однако, и некоторые отличия. Например, общее число контуров управления несколько меньше, чем на химических предприятиях. Это позволяет применить более глубокий подход при настройке каждого из контуров. Более распространены также каскады, прямая связь и более сложные логические схемы устройств управления, что необходимо принять во внимание в методах CLCM.

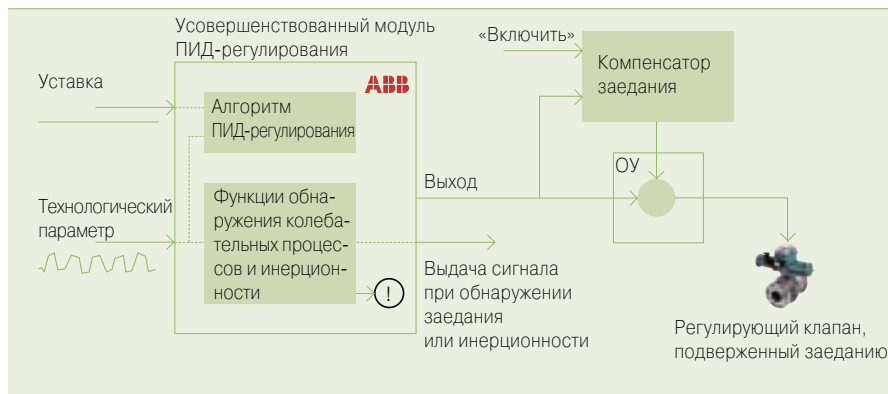
Эффект, достигаемый путем ликвидации «узких мест» и борьбы с ухудшением характеристик, связанным с некорректной работой систем управления, весьма значителен.

Одна из важных особенностей – возможность классифицировать результаты CLCM по величине текущей нагрузки электростанции. Характеристики устройств управления обычно зависят от текущей нагрузки (она может быть высокой, низкой, может также быть рассмотрен период запуска или изменения нагрузки) или других условий, таких как тип топлива. Современные методы CLCM позволяют учесть эти условия.

Диагностика возмущений в контурах управления на станах холодной прокатки

На предприятиях, осуществляющих холодную прокатку, применяются несколько очень сложных контуров управления для контроля натяжения и толщины полосы. Однако возможность применения стандартных методов CLCM в этой области,

5 Функция обнаружения колебательных процессов и устранения заедания клапанов в контроллере 800M. На графике регулируемого параметра процесса видны типичные признаки заедания клапана.



вероятно, не столь однозначна, как в химической промышленности, поскольку недавний опыт внедрения показал, что полученные результаты с трудом поддаются интерпретации.

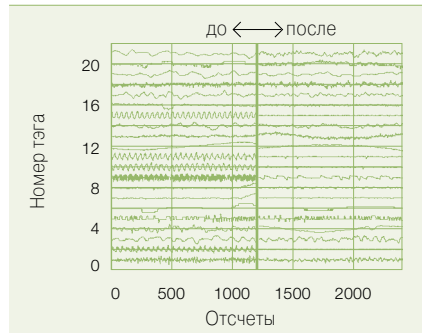
С другой стороны, в тех случаях, когда функции CLCM были разработаны специально для прокатных станов, полученные результаты оказались очень обнадеживающими. Точнее говоря, удалось с успехом разработать функции CLCM, позволяющие диагностировать и устранять периодические возмущения, преобладающие в случае прокатных станов [9]. Снимок экрана типичного результата автоматической диагностики приведен на рис. 7.

Отход от диагностического контроля отдельных контуров

Методы CLCM позволяют выявлять недостатки в работе контуров управления и достичь существенного улучшения после принятия соответствующих мер. Однако в некоторых случаях работа предприятия оказывается далека от оптимальной даже в том случае, если устройства управления отлажены. В таких случаях, вполне вероятно, действующая схема организации управления недостаточна. Систематически и быстро оценить общую схему работы устройств управления и основную инфраструктуру автоматизации можно с помощью службы сравнительного анализа (бенчмаркинга) АББ [10].

Методика CLCM привлекла внимание специалистов из многих отраслей промышленности, и все большее число предприятий начинает внедрять эти методы.

6 Улучшение показателей работы устройств управления после проведения CLCM-анализа с последующим техобслуживанием.

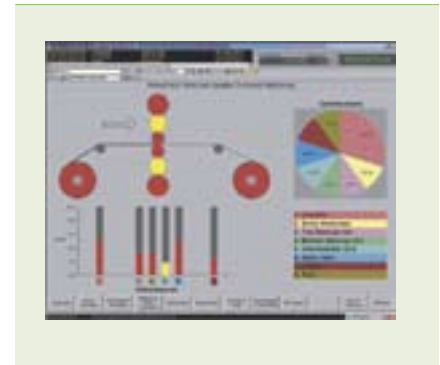


Новым этапом развития можно назвать недавний переход АББ от анализа работы отдельных устройств управления к анализу показателей работы таких устройств в масштабах предприятия. Совместно с Центром разработки технологических систем Имперского колледжа Лондона/Университетского колледжа Лондона компания наметила пути коммерциализации решений по контролю и анализу первопричин проблем снижения эффективности в масштабах предприятия [11]. Методы CLCM прекрасно вписываются в общую схему этих решений, поскольку они позволяют проводить подробный анализ показателей до и после выявления и устранения вероятной причины. Таким образом, методы анализа в масштабах предприятия вскоре станут неотъемлемой составной частью инструментария по оценке одиночных контуров управления [4].

Выводы

CLCM – пассивная по своей природе автоматизированная методика оценки – привлекла внимание специалистов из многих отраслей промышленности. Эффект, достигаемый путем ликвидации «узких мест» и борьбы с ухудшением характеристик, которое связано с некорректной

7 Экран диагностики периодических возмущений в программе ABB Operate^{IT}.



работой систем управления, весьма значителен. Настолько значителен, что все большее число предприятий и компаний приходят к внедрению этих методов.

Исследовательская работа АББ и широкая номенклатура продуктов фирмы позволяет применять методы CLCM в самых различных отраслях. Системы адаптированы таким образом, что при их использовании на объекте заказчика задействуется существующая аппаратура. Методы CLCM могут быть внедрены в рамках любой архитектуры управления технологическим процессом, вне зависимости от того, применяется ли система 800xA фирмы АББ или система управления сторонних разработчиков.

Александр Хорьх
ABB Corporate Research,
Ладенбург, Германия
alexander.horch@de.abb.com

Литература

- [1] Kane, L. A., «Include control loops in asset management», Editorial of Hydrocarbon Processing, June 2003, p. 128, 2003.
- [2] Harris, T. «Assessment of control loop performance», 'The Canadian Journal of Chemical Engineering', Vol 67, pp. 856-861 (1989).
- [3] Horch, A., Dumont, G., International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, Special Issue on Control Performance Monitoring, Eds., Vol. 17, No. 7-9, September-November 2003.
- [4] Консультативная группа ARC, «Real-time Performance Monitoring Strategies for Asset Optimization», Стратегии ARC, июль 2004 г. (www.ARCweb.com)
- [5] ABB (2005). «OptimizeIT – Loop Performance Manager Version 2.0. User's Guide.» Системы расширенного управления АББ, www.abb.com → Products & Services → Systems and Industry Solutions → Chemicals → Advanced Control → LPM.
- [6] ABB (2002). ControllIT, AC800M/C, Version 3.2, «Analog Process Control. Objectives and Design». Control Builder M Engineering Manual, ABB, 3BSE 028 809 R101 Rev B, pp. 150ff, 2002.
- [7] ABB (2005). Оптимизация работы оборудования с помощью System 800xA Asset Optimization, www.abb.com → Products & Services → ABB Product Guide → Control Systems → 800xA → Asset Optimization
- [8] ABB (2005). Управление информацией с помощью System 800xA Information Management, www.abb.com → Products & Services → ABB Product Guide → Control Systems → 800xA → Information Management
- [9] ABB (2005). «AdviseIT for Cold Rolling Mills», Brochure, Ref. No. DEPI/BM_0105_EN., www.abb.com/metals
- [10] ABB (2005). «ABB Service Guide». www.abb.com → Products & Services → ABB Service Guide
- [11] Horch, A., Hegre, V., Hilmen, K., Melbo, H., Benabbas, L., Pistikopoulos, S., Thornhill, N., Bonavita, N., (2005), «В поисках первопричин». АББ Ревю 2/2005.

Рекомендуемая литература

ARC Advisory Group, «Applying OpX to Control Loops increases ROI», ARC Insights, October 2002 (www.ARCweb.com).