Можете ли Вы предотвратить образование 50 миллионов тонн CO_2?

На первый взгляд это звучит несерьезно, но попробуем рассмотреть этот вопрос на примере электродвигателей с регулируемой частотой вращения, выпускаемых АББ. Их использование вместо обычных электродвигателей позволяет существенно экономить электроэнергию. Специалисты компании АББ подсчитали, что если бы пришлось выработать столько электроэнергии, сколько сэкономили эти электродвигатели за прошлый год, то в атмосферу было бы выброшено 50 миллионов тонн CO_2. Если все предприятия по всему миру перейдут на новые технологии, наше будущее станет светлее.

©2002 ABB LTD.

На нашем сайте www.abb.com Вы можете найти более подробную информацию о компании АББ и о концепции устойчивого развития.

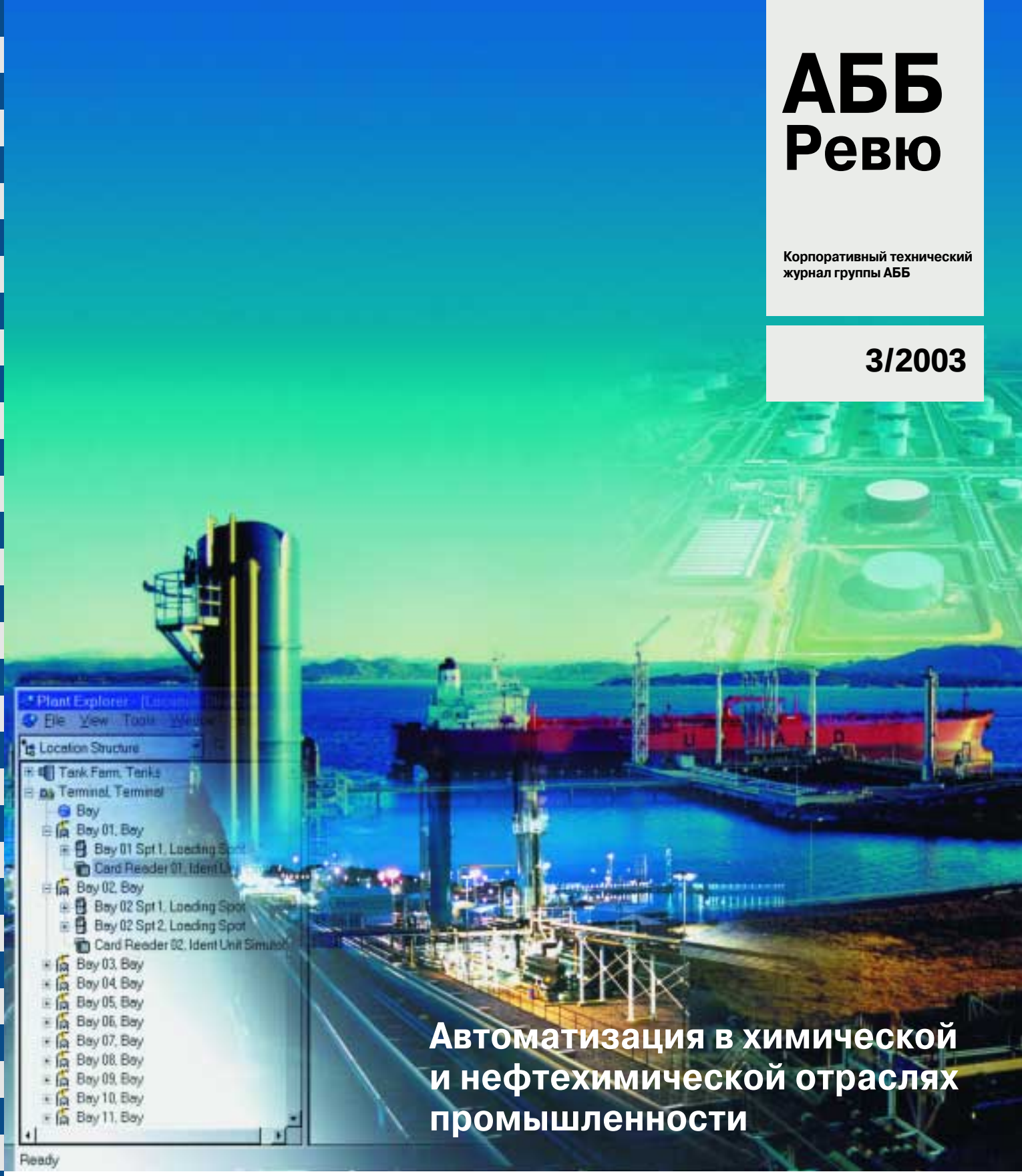
ABB

3
03

АББ Ревю

Корпоративный технический журнал группы АББ

3/2003



Автоматизация в химической и нефтехимической отраслях промышленности

ABB

В качестве потребителей, химическая и нефтяная отрасли промышленности нуждаются в огромном разнообразии продуктов. При чем характер данных отраслей таков, что все эти продукты, от интеллектуальных систем управления до наилучших из выпускаемых аналитических устройств и высокоскоростных защищенных схем передачи данных, должны быть наивысшего качества, не говоря уже об их обеспечении надежным обслуживанием. Компания АББ является не только очень активным поставщиком всех этих продуктов, но и разработчиком архитектуры Industrial^{IT}, которая позволяет этим отраслям продвигаться вперед более простыми и экономичными способами.

В этом выпуске мы расскажем о некоторых новейших технологических разработках компании АББ для химической и нефтяной промышленности, а так же о том, как архитектуре Industrial^{IT} и новым стандартам МЭК на системы и сети связи для подстанций удается идти рука об руку. В этом же выпуске будет рассказано об оригинальной методике пуска бойлеров и об уникальном способе проверки тиристорных вентилей на воздействие напряжений и токов, значения которых намного выше номинальных рабочих значений.

Технологии автоматизации как дополнительные ресурсы для наших заказчиков

В условиях неослабевающей конкуренции главным фактором выживания любой отрасли является постоянная рационализация производства. Чаще всего под этим подразумевается нахождение новых решений для известных проблем, в числе которых снижение эксплуатационных расходов, уменьшение отходов, защита окружающей среды или улучшение качества и повышение надежности выпускаемой продукции.

Компания АББ, основная деятельность которой сосредоточена в сфере технологий автоматизации и энергетики, является ведущим поставщиком соответствующего оборудования и решений, предназначенных для различных отраслей промышленности, в том числе связанных с нефтью, химией, целлюлозой и бумагой, металлами, минералами и энергосистемами общего пользования.

Каждый раз главной целью наших разработчиков является создание такого технологического новшества, которое, с одной стороны, оказывается по-настоящему полезным для наших заказчиков, а с другой – стимулирует наше собственное развитие.

Именно по этой причине планирование разработок начинается с понимания потребностей заказчиков и анализа существующих и нарождающихся технологий в таких, например, областях, как беспроводная связь, управление и оптимизация, микроэлектроника, программное обеспечение, датчики, силовые устройства и системы. В основу любой разработки закладывается наше всестороннее знание всех деталей конкретных производственных процессов, приобретенное за годы тесного сотрудничества с заказчиками в той или иной отрасли, поэтому успех, как правило, всегда предопределен.

В этом выпуске «АББ Ревю» мы представляем некоторые из наших последних достижений в ряде областей:

С помощью Optimize^{IT} – модельно-прогнозируемого регулирования бойлерного пуска – мы можем в реальном времени оптимизировать пуск паровых котлов крупных электростанций, при этом, в сравнении с известными методами регулирования, время выхода на рабочий режим будет сокращено на 20%.

Воспользовавшись нашей технологией Industrial^{IT}, мы оптимизировали процесс этилирования бензина на одном из самых современных нефтеперерабатывающих заводов Швеции, в результате чего на 30% сократилось время этилирования и возросла эффективность использования производственных фондов, то есть снизилась себестоимость продукции.

В той же самой отрасли мы применяем технологию Industrial^{IT} для ускорения распределения нефтепродуктов на территории Испании. Здесь нам удалось повысить эффективность и безопасность использования распределительной инфраструктуры и существенно улучшить снабжение потребителей.

Мы также занимаемся вопросами профилактического обслуживания, направленного на сокращение времени простоя оборудования и основанного на интерпретации данных, собранных в химической и нефтехимической отраслях промышленности. В качестве примера можно сослаться на завод по производству полимеров в Великобритании. Регламентные проверки, в основу которых положены факторы риска, позволяют почти на 80% снизить затраты на их проведение и в среднем на 40% увеличить интервалы между самими проверками.

Все наши современные и сложные технологические новшества создаются благодаря наличию гибкой организации, объединяющей в себе лучшие научные кадры и представляющей собой глобальную «мозговую сеть», внутри которой специалисты компании АББ и привлеченные со стороны эксперты имеют возможность общаться друг с другом. Частью этой сети является ряд университетов мирового класса. В этом выпуске «АББ Ревю» мы представляем два результата, полученных с помощью «мозговой сети»:

Совместно с Массачусетским технологическим институтом (США) мы стараемся понять, что будет представлять собой коммутация в силовых сетях в долгосрочной перспективе. В этой области, например, мы изучили возможности применения микроэлектромеханических систем. Первый практический результат этих исследований – создание 2-амперного реле на 240 В.

Наше сотрудничество с Федеральным технологическим институтом (Швейцария) также принесло свои плоды – нам удалось оптимизировать управление энергоресурсами в промышленном производстве.

Мы надеемся, что читателям доставит удовольствие путешествие по увлекательному и захватывающему миру технологий компании АББ с его новшествами, которыми можно воспользоваться уже сегодня, и перспективами завтрашнего дня.

Г. Маркус Байеган
Глава департамента технологии

Содержание

Стр. 6
Определение концентрации серы в топливе

Стр. 11
Технология Industrial^{IT} повышает эффективность эксплуатации терминалов

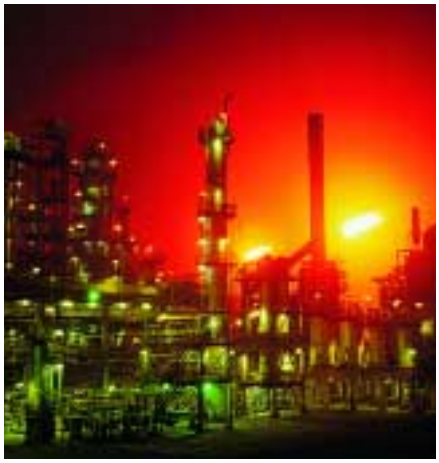
6 **Уверенность в топливе. Применение технологии Analyze^{IT} для определения низких концентраций серы в топливе**
Билл Джонсон
Оперативное определение содержания серы в топливе с помощью анализатора PGC2007, разработанного специалистами АББ, позволяет соблюдать все более жесткие требования стандартов качества бензина.

11 **Соединение. Решение для повышения эффективности эксплуатации терминалов**
Вилко Ленкиик
Правильная организация информационных потоков имеет такое же важное значение в работе терминала, как и распределение потоков нефтепродуктов. Управляющие терминалов должны моментально реагировать на малейшие изменения рынка, чтобы своевременно отразить их в условиях отгрузки продукта. Однако, большинство существующих информационных систем не в полной мере отвечают необходимым требованиям и их внедрение обходится весьма дорого. Решения на основе технологии Industrial^{IT} компании АББ для Повышения Эффективности Эксплуатации Терминалов обеспечивают защиту имеющихся производственных активов и способствуют дальнейшему развитию при помощи автоматизации информационного потока и объединения операций, проводимых по всему миру.

15 **Точная смесь. Технология Industrial^{IT} позволяет оптимизировать смешение бензинов на нефтеперерабатывающем заводе Preem**
Криш Дж. Арвикар, Томас Астром, Эрик Гильдеа
Компания Preem использовала решения на основе технологии Industrial^{IT} на нефтеперерабатывающем завод в Готенбурге. В результате этого производство топлива по спецификации заказчика, его анализ и оптимизация осуществляются сейчас с минимальными затратами. Кроме того, новые решения позволили исключить необходимость повторного смешения и сократили уровни материальных запасов, а также избавили от пересортицы.

21 **Победа над простоями**
Тони Масгрейв
При непрерывном производстве 90 процентов всех возможных отказов, скорее всего, будут происходить с 10 процентами установленного оборудования. Контроль с учетом фактора риска (RBI) предполагает при планировании профилактического обслуживания сконцентрировать усилия именно на этой группе повышенного риска. Благодаря такому подходу можно сэкономить значительные средства и большое количество времени.

Содержание



Стр. 21
Главная задача - сократить простои

Стр. 25
Проверка расчетных характеристик высоковольтных тиристоров

Стр. 44
МЭМС реле - удачное начало с огромной перспективой

25 Синтетическая испытательная схема для проверки расчетных характеристик высоковольтных тиристорных вентилей

Баолинг Шенг, Ханс-Ола Бьярме

Для проверки тиристорных вентилей чрезвычайно важно точное воспроизведение перегрузок по напряжению и току. Новые методы тестирования вентилей позволяют подвергать их перегрузкам, превышающим наивысшие значения, возможные в условиях эксплуатации. В результате увеличивается надежность вентилей, и в тоже время значительно сокращаются капитальные затраты.

30 Модельно-прогнозируемое управление пуском первого котла (BoilerMax)

Манфред Роде, Рудигер Франке, Клаус Крюгер

Работа больших парогенераторов невозможна без автоматизации. Новый нелинейный модельно-прогнозирующий контроллер сокращает время пуска, учитывая при этом ограничения по используемой энергии и термическим напряжениям.

37 IEC 61850 и Industrial^{IT}: полная согласованность

Ларс Андерссон, Клаус-Петер Бранд, Петра Рейнхардт

Стандарты IEC являются не только важными, но и обязательными для компании АББ. Каков уровень взаимодействия между концепциями и международными стандартами, внедряемыми компанией АББ? Рассмотрим этот вопрос на примере автоматизации подстанций, где тесно соприкасаются технология Industrial^{IT} и новый международный стандарт IEC 61850.

Исследования и разработки

44 Кремниевые микроструктуры для микроэлектромеханических реле

47 Управление производством и энергопользованием: современные методы оптимизации в действии

49 В конкурсе инноваций победил газовый расходомер на основе микродатчика

Новости

51 Модернизация системы управления цементным заводом на базе Industrial^{IT}

www.abb.com/abbreview

Уверенность в топливе

Применение технологии Analyze^{IT} для определения низких концентраций серы в топливе

Билл Джонсон

Высокое содержание серы в топливе, особенно в бензине, нежелательно. Сернистые соединения резко понижают эффективность каталитических нейтрализаторов, что ведет к повышению выбросов углеводородов, оксида углерода, твердых частиц и других загрязнителей воздуха.

С целью понижения содержания этого естественного компонента сырой нефти в топливе во многих регионах мира уже установлены жесткие законодательные ограничения. Эти ограничения становятся еще строже, и в скором времени средним пределом содержания серы в бензине станет 5-50 ppm.

Со временем все развитые страны примут эти стандарты. Для удовлетворения требований, в особенности на нефтеперегонных заводах, необходимо иметь соответствующие методы измерения. Следовательно, возник спрос на точный, надежный и оперативный анализатор. На сцену выходит прибор АББ PGC2007.

Принятие поправки к Закону о чистоте воздуха (Clean Air Act) в США в 1990 году повлекло за собой изменения, беспрецедентные за всю историю надзора за качеством воздуха. Этот закон, в сущности, вменял в обязанность производителям и продавцам моторных топлив снижение выбросов соединений, ведущих к образованию озона, оксида углерода и других загрязнителей воздуха, возникающих при переработке топлива и заправке транспортных средств, а также содержащихся в выхлопных газах. Одной из важнейших целей этого закона было снижение содержания серы в топливе.

Соединения серы – это естественные компоненты сырой нефти, из которой получают углеводородные топлива. Исследования показали, что соединения серы обладают способностью понижать эффективность автомобильного каталитического дожигателя и ограничивать его кислородоудерживающую способность (которая является мерой рабочих качеств катализатора). Это может привести к повышенному выбросу углеводородов, окислов азота, оксида углерода, других токсичных веществ, а также твердых частиц. Пагубное влияние грязного воздуха, содержащего такие вещества, хорошо описано в литературе.

Калифорния указывает путь

Большая часть бензина, продаваемого в США, содержит относительно большое количество серы. Согласно данным недавнего исследования в нефтяной отрасли, содержание серы в обычном (нереформулированном) бензине в среднем по стране составляет около 350 ppm, при этом четверть образцов содержит более 500 ppm серы. Содержание серы в дизельных топливах еще выше. Для реформулированного бензина нормальным уровнем является 150 ppm. Для борьбы с таким высоким содержанием серы в некоторых регионах мира были введены ограничения. В Калифорнии требования наиболее жесткие: среднее содержание серы 30 ppm для бензина (при максимально допустимом

80 ppm) и до 500 ppm для дизельных топлив.

И производители автомобилей, и нефтеперерабатывающие компании согласны, что углеводородные топлива необходимо сделать чище. Спор между представителями двух этих отраслей идет о том, каковы же должны быть конкретные пределы содержания серы. Становится ясно, что ограничение содержания серы в США на уровне 5-50 ppm как в бензине, так и в дизельном топливе, в ближайшие годы станет реальным.

Привлекает внимание также и следующий факт: «сладкая» нефть (нефть с низким содержанием серы, имеющая сладкий вкус) – это предпочтительное сырье для компании, занимающейся переработкой. Однако по мере того как источники «сладкой» нефти истощаются, на рынок попадает все больше и больше «кислой» нефти. Большее содержание серы в такой нефти также вносит вклад в повышение средних уровней серы в сырой нефти, попадающей на нефтепереработку.

Эти факторы – повышенное содержание серы в сырье и более жесткие ограничения, установленные для продуктов переработки – привели к росту спроса на надежный способ оперативного измерения низких концентраций серы в топливе. Это касается как бензина, так и дизельных топлив, а требования компаний в Северной Америке, Европе и Азии схожи.

До недавнего момента, обычной практикой являлось применение только лабораторных методов для определения низкого содержания серы в топливе. Это было вызвано тем, что лишь очень незначительное число оперативных производственных анализаторов могут измерять общее содержание серы точно и надежно при тех концентрациях, которые установлены сейчас или будут введены в скором будущем. Используемая в анализаторе общего содержания серы АББ PGC2007 технология меняет такое положение вещей.

Выбор технологии

В течение многих лет, пока во многих регионах мира допускалось содержание серы в топливе на уровне сотен или даже тысяч частей на миллион (ppm), для определения количества серы в топливе было пригодно много методов измерения. Однако новые, намного

Хронология законодательства США за четверть века

- Бензин, не содержащий свинца, начало 70х
- Бензин с низкой испаряемостью, 1989 год
- Зимний бензин с добавками оксигенатов, 1992 год
- Дизельное топливо, снижение уровня серы на 85%, 1993 год
- Реформулированный бензин, 1995 год
- Бензин, сгорающий более чисто, ок. 1996 года

более строгие, ограничения создают значительно большие трудности, а при постоянном развитии экологических нормативов в будущем стоит ожидать установления еще более жестких лимитов на общее содержание серы в бензине и дизельном топливе. В ответ на это на рынке появились разнообразные технологии анализа бензина и дизельного топлива. В них используются разные подходы: рентгеноспектральный метод на основе энергетической дисперсии, применение свинцово-ацетатных реагентов, УФ-флюоресценции и газовой хроматографии, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Большинство этих методов исследования являются лабораторными и не были реализованы в виде надежного метода оперативных производственных измерений.

> Становится ясно, что ограничение содержания серы в США на уровне 5-50 ppm как в бензине, так и в дизельном топливе станет реальностью в ближайшие годы.

В 2002 году Американским обществом по испытанию материалов (ASTM) были проведены круговые испытания, включавшие методы рентгеновской флюоресценции, УФ-флюоресценции, микрокулонометрии и электрохимические методы исследования образцов. В работе принимали участие семьдесят лабораторий, было получено более 5600 экспериментальных значений. Это всеобъемлющее исследование показало, что два из этих методов не удовлетворяют требованиям, а оставшиеся два не настолько точны, насколько это ожидалось. Стало очевидным, что компаниям-производителям топлив требуется новый способ для обеспечения низкого содержания серы в своей продукции.

АББ и определение серы

В 1975 году специалисты подразделения ABB Analytical представили первый технологический газовый хроматограф, включавший пламенно-фотометрический детектор. Это оборудование использовалось в сотнях вариантов применения для определения серы (как содержания по отдельным соединениям, так и общего) в сложных технологических потоках.

Менее чем через два года после принятия поправки к Закону о чистом воздухе в США, которая устанавливала предельное общее содержание серы в реформулированном бензине, компания АББ представила анализатор Vista Model 3107 Fuel Sulfur Analyzer для оперативного определения общего содержания серы в бензине. В 1997 году эту модель сменила модель 2007.

С учетом нового опыта разработка прибора для определения более низких количеств может показаться относительно несложной задачей. Однако это не так.

Газовая хроматография

Газовая хроматография - это метод, используемый для разделения или анализа газовых смесей. Прибор состоит из тонкой трубки, содержащей либо адсорбирующий твердый материал, либо нелетучую жидкость на твердой основе (в газожидкостной хроматографии). Для некоторых видов анализа стенка очень тонкой колонки сама может служить носителем для жидкости. Это наполненная колонка, упоминаемая далее в тексте.

В нашем случае образец прогоняется через колонку потоком воздуха под соответствующим давлением. Компоненты образца имеют различную степень сродства к неподвижной фазе и поэтому проходят через колонку с разными скоростями. Пики различных компонентов регистрируются по мере выхода из колонки, например, с помощью ПФД. В определенных условиях компоненты можно определять по времени, которое требуется им на прохождение колонки. Сигнал детектора, записанный как функция от времени, представляет собой обычную хроматограмму.

Компании АББ также пришлось осуществить значительные инвестиции в усовершенствование оборудования и методов измерения для достижения необходимых характеристик при столь низких концентрациях. Эти вложения, тем не менее, окупились и привели к созданию нового метода и анализатора, способного измерять количества в диапазоне 0-10 ppm.

Суть проблемы

Определение содержания такого привычного вещества, даже при таких концентрациях, не кажется сложным. Но на самом деле представляет проблему.

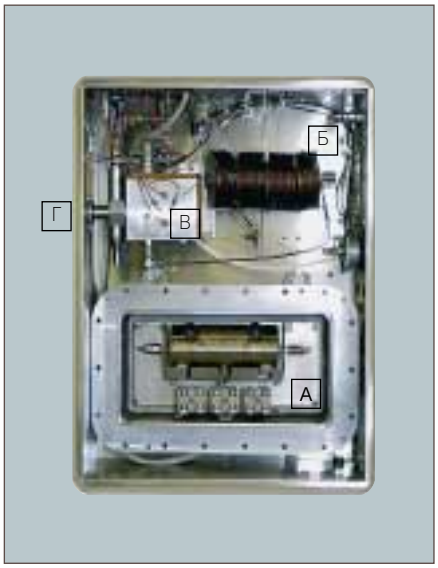
Во-первых, соединения серы можно обнаружить везде и во всем, что усложняет борьбу с перекрестным загрязнением образцов и переносом серы из посторонних источников. Особое внимание необходимо уделять выбору материалов для изготовления прибора. Причем это касается не только деталей прибора, контактирующих с образцом, но и трубопроводов, по которым подаются образцы, и оборудования для подготовки образцов. На этапе разработки необходимо тщательно избегать «мертвых зон», едва заметных пространств, в которых может оставаться даже малейшее количество вещества образца. Эти остатки «старого» образца могут содержать большее количество серы, приводить к загрязнению исследуемого образца и резкому снижению точности измерения.

Что касается самого анализатора, особую аккуратность необходимо проявлять в ходе сборки при работе с деталями, например компонентами инжекторного клапана, колонок и детектора. Некоторые металлические детали специально подвергаются специальной обработке silco-treating для того, чтобы сделать контактирующие с образцом поверхности более инертными.

Анализаторы необходимо калибровать с использованием хорошо изученного метода. Для определения концентрации серы в дизельном топливе, равной 10 ppm, необходим стандартный метод получения образца близкого по плотности углеводорода, гарантированно содержащего 8-10 ppm серы. Это означает, что необходимо располагать углеводородом, не содержащим серы, в который может быть добавлено требуемое количество серы для получения точного образца. Но здесь заключена небольшая проблема: как уже говорилось выше, в мире мало веществ, не содержащих серы. Нахождение таких бессернистых основ для получения стандартных образцов – задача не из легких.

Кроме того, готовый прибор должен быть надежным: зачастую технологический анализатор должен непрерывно работать в автоматическом режиме вблизи от точки отбора образцов в опасной среде с меняющимися параметрами и при этом удовлетворять строгим требованиям по безопасности (NEC, CSA, ATEX и т.д.). При этом необходима надежная связь между прибором и заводской системой управления технологическим процессом.

1	Применение простой печи-конвертора и испытанной методики на основе ПФД обеспечивают отличную стабильность аналитических результатов



А - Печь
Б - Колонка
В - Блок ПФД
Г - Фотоумножитель

Простой принцип: инжекция, окисление, разделение, измерение

В приборе PGC2007 (рис. 1) компании АББ для определения общего содержания серы применен метод газовой хроматографии и печь для окисления образцов. В отличие от некоторых других упомянутых методов, требующих более сложного оборудования, в устройстве АББ используется проверенный пламенно-фотометрический детектор (ПФД), хорошо известный своей надежностью и простотой. Характеристики и возможности законченного анализатора позволяют подразделению ABB Analytical быть лидером в технологическом хроматографическом определении общего содержания серы.

Платформа знакома специалистам по переработке нефти, а применение простой печи-конвертора и испытанной методики на основе ПФД обеспечивают отличную стабильность аналитических результатов. Электронный модуль управления давлением (EPC) обеспечивает соответствие прибора строгим требованиям, предъявляемым к нему.

Определение серы с помощью PGC2007 состоит из трех простых действий (рис. 2) и занимает около 5-6 минут:

1. С помощью клапана-дозатора для жидких образцов (LSV) компании АББ отбирается фиксированный объем жидкого топлива.

2. Воздух-носитель переносит образец в печь, где образец окисляется до диоксида углерода, воды и диоксида серы.

3. В колонках со специальной насадкой эти компоненты разделяются и проходят через ПФД для проведения измерения.

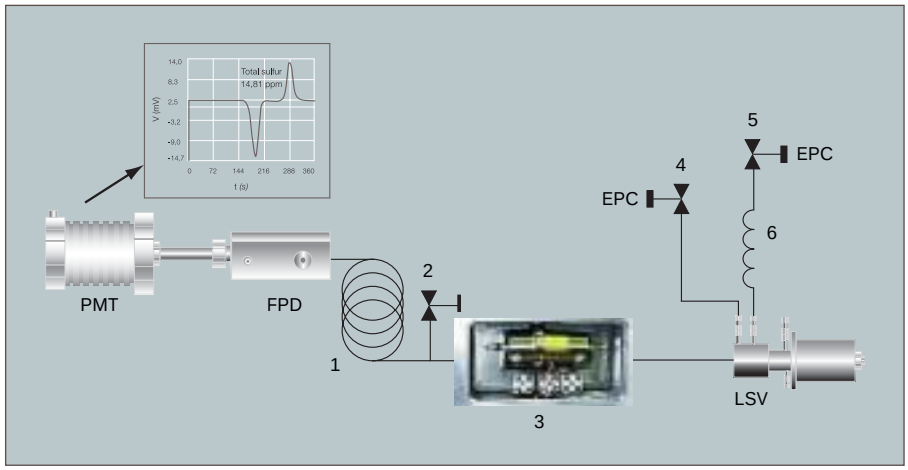
Расход газоносителя через клапан LSV непостоянен, сначала он мал, но постепенно нарастает для сведения к минимуму «хвостов». Использование для продувки клапана водорода или гелия облегчает испарение тяжелых образцов. Для управления расходом в PGC2007 применен новый метод: управление через клапан отбора образцов может осуществляться независимо от колонки, что приводит к сокращению времени отклика, повышению стабильности, чувствительности и линейности. Помимо оптимизации расхода углеводородов для увеличения чувствительности, в PGC2007 также исключены камера смешения, использовавшаяся ранее и размывающая пик образца, и разделительный клапан, используемый для компенсации малого разделения CO_2 и SO_2. Также сокращается взаимное влияние вследствие колебаний состава образцов.

Пламенно-фотометрический метод регистрации

В газовой хроматографии для обеспечения селективной или высокочувствительной регистрации отдельных веществ применяются различные детекторы. Пламенно-фотометрический детектор (ПФД), изобретенный более 30 лет назад, лучше всего подходит для серосодержащих соединений.

В ПФД образец сжигается в пламени, богатом водородом (это другой процесс горения, отличный от того, что ведется в печи PGC2007). Оптическое излучение возбужденных частиц в пламени (хемилюминесценция), излучающих фотоны в диапазоне 320-460 нм при переходе в основное состояние, принимается и усиливается фотоумножителем (охлаждаемым термоэлектрическим способом для снижения тепловых шумов, т. н. темнового тока) и передается для обработки в компьютер. Выходной сигнал получается в виде обычной хроматографической кривой, и по нему можно определить количество серы в исходном образце. Чувствительность при низких концентрациях и линейность повышаются посредством добавления стандартного количества серы.

2	В PGC2007 сочетаются очень простой принцип работы и надежные, проверенные компоненты.



EPC = Электронный регулятор давления
FPD = Пламенно-фотометрический детектор
LSV = Клапан отбора жидких образцов
PMT = Фотоумножитель

1 = колонка
2 = клапан-отделитель
3 = печь
4 = воздух-носитель
5 = газ для продувки
6 = капилляр

В конструкцию клапана LSV входит неразъемный испаритель и низковольтные регулировочные компоненты, допускающие работу в течение месяцев без дополнительной регулировки.

Правильное разделение компонентов образца в хроматографе перед измерением является крайне важным. Пример хроматограммы, полученной на PGC2007, демонстрирующий разделение CO_2 и SO_2, приведен на рис. 3.

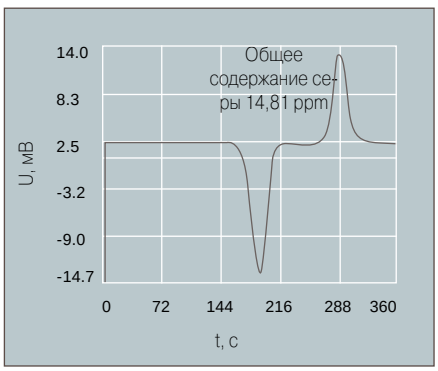
Воспроизводимость

Одной из характеристик технологического анализатора является достоверная воспроизводимость результатов. Для ее определения инжектируется образец с известным составом, после чего в течение нескольких часов проводятся измерения. Стандартное отклонение измеряемой величины является точным показателем работы анализатора и дает представление о том, как анализатор будет функционировать при работе с технологическими образцами, другими словами, насколько близко будет измеренное анализатором значение к действительному, точному значению при измерении содержания серы в бензине или дизельном топливе. Это значение также дает представление о том, может ли оператор быть уверенным, что анализатор выдаст одинаковый результат при одинаковом в действительности содержании серы в образце, будь то через день или через неделю.

Чем ниже находится диапазон измерений (например, 0-10 и 0-100 ppm), тем более сложным становится достижение хорошей воспроизводимости. Например, очень хороший анализатор должен обеспечивать воспроизводимость на уровне ±1-2% всего диапазона. В диапазоне 0-100 ppm можно ожидать воспроизводимость в пределах 1-2 ppm. На рис. 4 приведена информация о воспроизводимости результатов исследования с помощью PGC2007 бензина и дизельного топлива.

Анализатор АББ PGC2007 обеспечивает превосходную воспроизводимость. На самом деле сейчас ведется работа по регистрации в ASTM прикладного метода, использованного в устройстве. Это позволит специалистам нефтеперерабатывающих заводов быть

3	Хроматограмма, полученная на PGC2007, на которой видно разделение CO_2 («отрицательный» пик) и SO_2



уверенными в необходимых характеристиках и надежности измерения низких концентраций, а также в признанном методе измерения.

Поддержка Industrial^{IT}

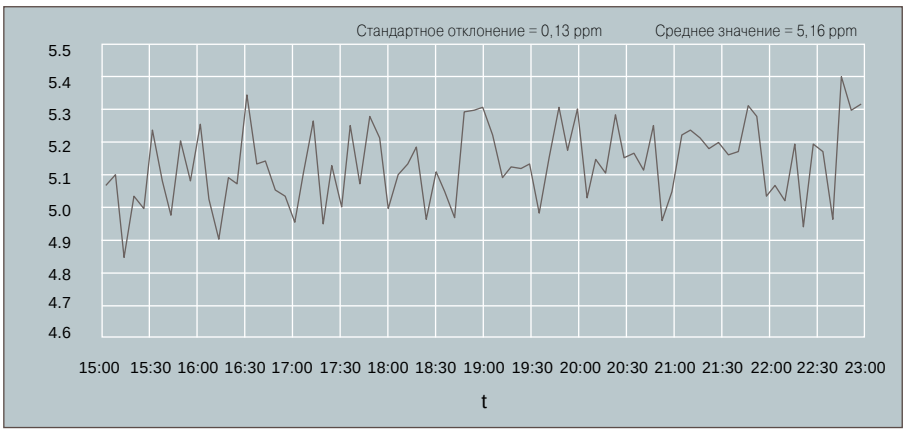
В настоящее время PGC2007 установлен на более чем 100 линиях в 18 различных странах мира; прибор приобретает широкую известность в качестве точного и надежного технологического анализатора общего содержания серы.

Архитектура Industrial^{IT} компании АББ все больше применяется на производствах по всему миру. Это означает, что PGC2007, обладающий поддержкой Industrial^{IT}, может быть легко интегрирован в любую установку, где используется эта архитектура.

Принятые требования низкого содержания серы в углеводородном топливе поставили много технических проблем, как перед нефтеперерабатывающей промышленностью, так и перед приборостроителями. Метод технологической газовой хроматографии с пламенно-фотометрическим детектором не только решил эти проблемы, но и оказался надежным решением для измерения общего содержания серы в топливе. Особыми преимуществами этого подхода являются простота эксплуатации, надежность работы и повторяемость результатов, а также уверенное соответствие сегодняшним требованиям к измерению низких концентраций серы.

Поскольку анализатор PGC2007 обладает поддержкой Industrial^{IT}, он может легко быть интегрирован в любую установку, где используется эта архитектура.

4a Воспроизводимость измерений PGC2007 для дизельного топлива



4b Воспроизводимость измерений PGC2007 для бензина

Билл Джонсон
ABB Process Analytics
Lewisburg, WV 24901
USA
bill.w.johnson@us.abb.com

Соединение

Решение для повышения эффективности эксплуатации терминалов

Вилко Ленкиик

Нефтепродукты всегда будут объектом интереса, будь то горючее, приводящее автомобиль в движение, или жидкое топливо для отопительных систем, поэтому рациональное управление распределительным терминалом имеет большое значение.

Скорость и эффективность реагирования управляющих терминалами на изменения рынка зависят от своевременного доступа к информации. Но есть проблема. Во-первых, проверенные временем системы не имеют современной информационной поддержки и не позволяют унифицировать операции, а во-вторых, их замена может обойтись очень дорого. Решения Industrial^{IT} компании АББ для повышения эффективности эксплуатации терминалов обеспечивают защиту имеющихся производственных активов и способствуют дальнейшему их развитию при помощи автоматизации информационного потока и объединения операций, проводимых по всему миру.

Успешная транспортировка и дистрибуция нефти и бензина во многом зависит от того, насколько искусно промышленность справляется с очевидными противоречиями. Например, владельцы терминалов и их управляющие должны следить за системой в целом, и в то же время должны моментально реагировать на малейшее изменение рынка. Им приходится извлекать максимум пользы из старого оборудования и при этом сохранять конкурентоспособность с помощью передовых технологий, чтобы обеспечить контроль над производственными расходами. Приходится доставлять материалы, расцененные как опасные, в отдаленные места, соблюдая жесткие правительственные предписания и экологические нормы, которые в разных местах могут быть различными. Наконец, им необходимо иметь постоянный доступ к достоверной информации в масштабах предприятия о состоянии текущих и завершенных процессов, о поставщиках, клиентах и складских запасах, при условии, что безопасность информации и самого терминала не будут нарушены.

В течение последних десяти лет промышленность захлестнули перемены и ситуация стала более противоречивой. Изменилась основа модели ведения бизнеса. Если раньше владельцы терминалов приобретали материалы заранее и хранили их до факта продажи (покупка-хранение-продажа), то теперь они дожидаются поступления заказа. При этом на терминале хранится минимальное количество материалов, так как отгрузка производится в кратчайшие сроки после поступления заказа (продажа-поставка). Новая модель ведения бизнеса усиливает заинтересованность владельцев терминалов в получении оперативной информации об изменении мировых запасов и спроса. Любая погрешность или задержка могут поставить скромные резервы под угрозу.

Компания АББ, ведущий мировой поставщик для нефтяной промышленности, понимает затруднительность положения и поэтому разработала специальные продукты, услуги и технологии, способные обеспечить контроль движения нефти и других химических продуктов по трубопроводам, посредством транспорта и через терминалы. Имея опыт разработки от автономных датчиков до готовых решений для электронного бизнеса, компания АББ стремится повысить эффективность и прибыльность за счет:

- гибкости: готовые решения компании АББ приспособлены для терминалов любого масштаба и расположения, с любыми видами операций, транспортировки и уровнем безопасности;
- соответствия мировым промышленным нормативам и стандартам, как утвержденным, так и находящимся на стадии принятия;
- совместимости с уже используемыми системами;
- обеспечения перехода на автоматизированное, «разумное» управление предприятием и планирование;
- максимизации прибыли на капиталовложения наших клиентов;
- службы поддержки, действующей по всему миру, готовой в любое время и с учетом местной специфики дать профессиональный совет.

Теперь в Испании компания CLH способна наблюдать из Мадрида за работой 41 терминала, а так же нефтехранилищами и загрузочными пунктами по всей стране.

У каждого из терминалов, разбросанных по всему миру, есть свой коммерческий сценарий, отражающий конфигурацию существующих систем, оснащение, вид собственности, продукты, способы их получения и транспортировки, поставщиков и клиентов, окружающую среду. Для того чтобы не загонять терминалы в стандартные рамки работы, компания АББ для повышения эффективности эксплуатации терминалов предлагает комплекс решений Industrial[IT], приспособляемый под нужды владельцев терминалов.

Как отследить движение 32 млн. тонн продуктов

Управление терминалом требует постоянной работы с многообразием транспортных средств, клиентов, поставщиков и оборудования, что характерно для комплексных коммуникаций в рамках терминала и за его пределами. Рассмотрим пример CLH (Compania Logistica de Hidrocarburos) - ведущей испанской компании по хранению, транспортировке и дистрибуции побочных нефтепродуктов. CLH обслуживает воздушные, океанские и наземные рынки с оборотом более чем 32 млн. тонны продуктов, поступающих и отправляющихся в разные точки мира на всех видах транспорта, начиная от автоцистерн и железнодорожных вагонов и заканчивая воздушными заправщиками и наливными баржами. В определенный момент успех спровоцировал возникновение нескольких проблем.

Во-первых, используемое на терминале оборудование изготовлено разными производителями и рассчитано на различные технологические концепции. В результате, например, данные уровнемера резервуара можно регистрировать и передавать только вручную – такой метод замедляет работу и приводит к ошибкам. Во-вторых, не имея своевременной и точной информации, невозможно установить, что водители транспортных средств действительно имеют разрешение на въезд и что отгрузка произведена корректно. В-третьих, несмотря на бесчисленную бумажную документацию, или же как раз по причине ее бесчисленности, компания не в состоянии предсказать движение продуктов, заказов и транспортных средств. В таких условиях оказалось невозможным проанализировать ситуацию в глобальном масштабе.

Компания АББ предоставила компании CLH систему управления информацией, которая объединяет опе-

рации терминала и обеспечивает контроль над административным управлением предприятием. Благодаря этой системе отпадает необходимость в замене уже имеющихся элементов системы, поскольку программное обеспечение АББ имеет открытую архитектуру и является протоколонезависимым. Теперь прежние элементы системы объединены и координируются системой контроля АББ, которая автоматизирует процесс загрузки, проверки условий безопасности, подготовки документации и выписки накладных. В систему входят следующие приложения:

- контроль качества продукта - помогает избежать загрязнения продукта, обеспечить необходимый расход, оптимизировать работу насосных агрегатов;
- автоматическое планирование и сопровождение движения продукта;
- идентификация всех прибывающих транспортных средств при помощи магнитных карт, авторизованный доступ на станцию, отслеживание перемещения транспорта в пределах станции;
- автоматическая проверка покидающего станцию транспортного средства, правильности его загрузки и наличия полного комплекта документации;
- дистанционный доступ авторизованного персонала к информации по всему предприятию.

Благодаря технологии АББ значительно повысились надежность, точность и скорость на каждом этапе работы терминала. Теперь компания CLH может наблюдать из Мадрида за работой 41 терминала, а также нефтехранилищами и загрузочными пунктами по всей Испании. В систему АББ также входит прямой переход на полную автоматизацию производства Industrial^{IT}, поэтому компания CLH готова к любому повороту событий в будущем.

Создание четкой связи внутри предприятия

Успех на примере компании CLH убедил бразильскую компанию Petrobras Distribuidora воспользоваться решением АББ с целью повышения эффективности эксплуатации терминалов для управления десятью объектами, расположенными в Бразилии. Рауль Дельгадо, управляющий проектом из Petrobras Distribuidora, заявил: «очень важно, что компания АББ способна предоставить готовое решение/продукт для автоматизации терминала. Petrobras полагает, что с помощью решения АББ удастся оптимизировать процесс отгрузки топлива и ускорить производство, а так же объединить работу всех наших терминалов в Бразилии».

Компания АББ готовится предоставить компании Petrobras следующий пакет услуг для всех десяти терминалов: базисный контроль загрузки, стандартный и детализированный план, установка, интеграция системы, обучение персонала, обслуживание, ремонт. С помощью контроля над операциями в режиме реального времени, интерактивных заказов, интерактивного составления графиков, а также интерактивного программирования терминалов, компания Petrobras сможет объединить и оптимизировать свои операции. Ключевыми элементами решения АББ для повышения эффективности эксплуатации терминалов являются:

- централизованная база данных для всех погрузочных операций;
- автоматическая подготовка документации;
- тщательный мониторинг отгрузки и хранения продукта, а так же его принадлежности.

В стандартный комплект решения АББ входит интерфейс для сертифицированных взвешивающих и измерительных устройств.

Обеспечение безопасности информации и терминалов

Владельцы терминалов заинтересованы в двух типах защиты: защита доступа к самому терминалу и защита доступа к информации. Обеспечение безопасности терминала осложняется наличием множества продуктов, поставщиков, покупателей, транспортных средств, нормативов и процедур, взаимодействующих на каждом терминале. Более того, некоторые, если не все, указанные выше слагаемые, со временем изменяются. Обеспечение информационной безопасности осложняется тем, что доступ к информации необходим персоналу разного уровня, включая механиков, поставщиков, водителей, владельцев терминала и представителей правительственных учреждений. Чтобы оформить накладную, налоговую форму, страховку, обеспечить контроль над процессом или составить план работ, необходимо иметь авторизованный доступ к информации.

Решение АББ Industrial^{IT} подходит к этим проблемам напрямую: для разрешения въезда на станцию водитель транспортного средства должен пройти сканирование глаза или ладони, доступ к загрузочным пунктам ограничивается с помощью магнитной карты, (полу)автоматическая система идентификации транспортных средств проверяет принадлежность транспортного средства и водителя, удостоверяет количество отсеков транспорта и определяет правильность подачи транспорта под загрузку. После въезда на терминал водители автоматически получают специальные инструкции на своем родном языке (например, «отправляйтесь в загрузочную зону №12»). Перед тем как покинуть терминал, они автоматически получают требуемую документацию. Кроме того, водители могут покинуть территорию терминала только после того, как выполнят все инструкции и зарегистрируют свой отъезд.

Эти важные меры безопасности могут оказаться бесполезными, если не будут иметь функции адаптации к изменению условий, – например, может возникнуть необходимость введения в базу имени нового водителя. Компания АББ оснащает системы Industrial^{IT} технологией Aspect Object™, которая является средством интуитивной конфигурации для контроля, мониторинга и моделирования терминала.

Система Aspect Object™ объединяет информацию из различных источников и создает полную и точную картину работы терминала. Терминал, его данные и компоненты представлены в виде графических объектов, которые авторизованные инженеры могут изменять самостоятельно, без внешней помощи. Процедуры загрузки, заказа и безопасности выполнены в форме шаблонов, поэтому их можно адаптировать к нуждам отдельно взятого терминала. Aspect Object™ работает со множеством языков, различными комбинациями продуктов, составов и оборудования.

Вся информация о каждой транзакции (кто загрузил какой продукт, от какого поставщика, в каком хранилище находился продукт и т.д.) сразу появляется в виде таблиц, графиков и отчетов, и доступ к ней можно получить даже с другого терминала. Владельцы и управляющие терминалов получают нужную информацию в нужный момент, чтобы отслеживать, прогнозировать или выверять получение продукта, его хранение и отправку.

Вся информация охраняется так же надежно, как и сам терминал. Доступ к информации основан на уровнях доступа и системе паролей; предусмотрены контрольный журнал доступа к защищенным данным и подтверждение их ввода.

Построение гибких, быстро реагирующих, надежных решений

Оборудование, приложения и технологии, составляющие решение АББ для повышения эффективности эксплуатации терминалов отвечают соответствующим промышленным стандартам и нормативам. К таковым относятся Good Manufacturing Practices (cGMP), Good Automated Manufacturing Practices (GAMP), стандарты Американского института нефти – American Petroleum Institute (API), Американской газовой ассоциации – American Gas Association (AGA) и нормы охраны окружающей среды. Точные измерительные приборы откалиброваны и официально одобрены. Элементы аппаратного и программного обеспечения предварительно утверждены. Системы и модули автоматизации совместимы со стандартными средствами обработки баз данных (например, Oracle или SQL Server) и работают на платформах Windows.

Независимо от того, захотят ли владельцы терминала получить автоматическую систему управления насосом или коммуникационную систему с использованием веб-технологий, решение АББ для повышения эффективности эксплуатации терминалов позволит сократить расходы на хранение запасов и эксплуатационные расходы, повысить качество обслуживания клиентов, увеличить скорость реагирования на изменения рынка, обеспечить безопасность проводимых операций, соответствовать промышленным нормативам и постановлениям правительства, а также защитить свой капитал.

Когда компания Akzo Nobel Base Chemicals решила автоматизировать процессы на своих терминалах в Ботлеке (Бенелюкс), то выбрала АББ, потому что «АББ предлагает самое выгодное решение, АББ обладает знаниями, необходимыми для выполнения этой работы, и ... гибкость решения позволяет адаптировать его к терминалу с нашими собственными параметрами».

Остается сказать, что АББ предоставляет поддержку и обслуживание по всему миру. Представительства АББ быстро реагируют на возникшие проблемы и решают их с учетом местных особенностей. В промышленности, где перевернулась даже основная модель ведения бизнеса, владельцы терминалов и компания АББ доказали, что гибкость, эффективность и надежность – залог победы над переменами.

Решение АББ включает в себя прямой переход на полную автоматизацию производства Industrial^{IT}.

Wilco Lengkeek
ABB
Mon Plaisir 40
NL-4879 AN Etten-Leur
The Netherlands
wilco.lengkeek@be.abb.com

Точная смесь

Технология Industrial^{IT} позволяет оптимизировать смешение бензинов на нефтеперерабатывающем заводе Preem

Криш Дж. Арвикар, Томас Астром, Эрик Гильдеа

Нефтеперерабатывающий завод Preem в Готенбурге (Швеция) – один из самых современных в Европе. В ассортименте его продукции: сжиженный нефтяной газ, автомобильные бензины, печное топливо и мазут. Эти продукты получаются в результате точного смешения, обычно требующего трудоёмкого отбора проб в узлах смешения, длительных задержек для лабораторного анализа проб и ручной коррекции рецепта.

Недавно компания Preem решила модернизировать установки смешения с применением таких решений компании АББ, как ABC (Advanced Blend Control, усовершенствованное управление смешением) и RBC (Regulatory Blend Control, регулируемое управление смешением), построенных на базе технологии Industrial^{IT} и анализатора АББ Analyze^{IT} FTIR (инфракрасный анализатор с преобразованием Фурье). В результате этого различные сорта бензина по спецификации заказчика сейчас производятся с минимальными затратами.

Помимо исключения неизбежных ранее дополнительных операций и задержек, эти решения позволили исключить необходимость повторного смешения и сократили уровни материальных запасов, а также избавили от пересортицы.

Производительность нефтеперерабатывающего завода Preem в Готенбурге по сырой нефти составляет 100 000 BPSD (баррелей в сутки). В настоящее время основные технологические агрегаты, вырабатывающие компоненты для смешения бензина, представлены установками перегонки сырой нефти, гидроочистки, установкой каталитического риформинга, агрегатом изомеризации и отделителем риформата (см. врезку ниже).

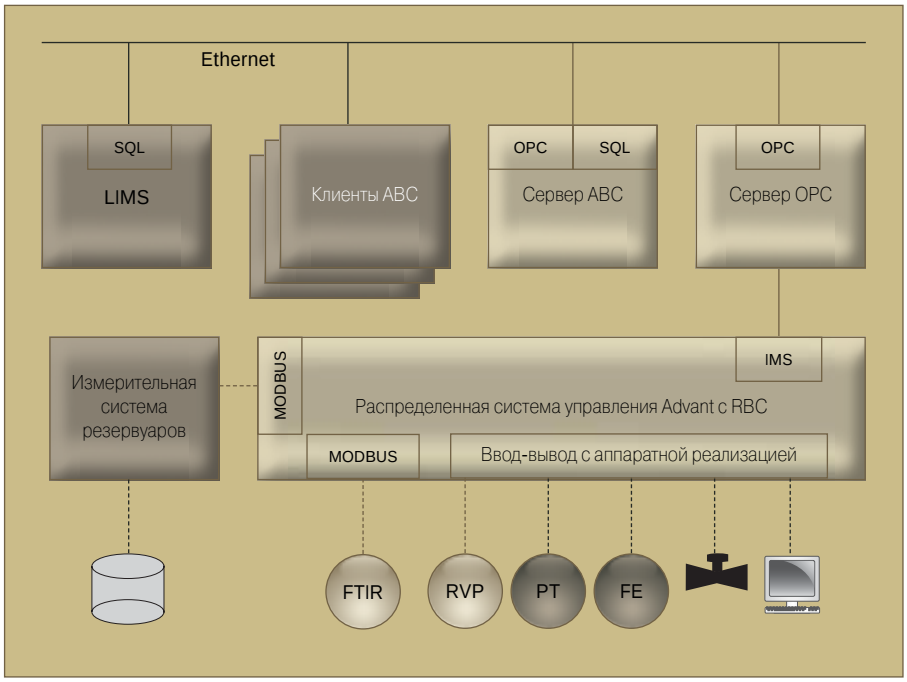
В настоящий момент у компании имеется три узла смешения: по одному для бензина, газойля и мазута. Производится смешение более чем 22 компонентов с получением более 20 продуктов 100 различных сортов. В целом установки смешения включают в себя 65 резервуаров для компонентов, 33 резервуара для продуктов, 22 поточные станции и 29 насосов. Когда продукт смешения должен подаваться непосредственно в резервуар для продукта или судно на расстоянии около 6 км, применяются бустерные насосы. Однако трубопроводы, ведущие к порту, могут быть причиной значительных задержек, поскольку из них, как правило, с помощью первой порции текущего продукта смешения необходимо слить остатки продукта в емкость, используемую до этого.

Ранее оптимизация процесса смешения на заводе Preem выполнялась вручную (offline), оперативная (online) оптимизация не осуществлялась. Сложность заключалась в том, что корреляционные таблицы свойств, используемые в автономных оптимизаторах на основе Excel, с годами устарели вследствие ввода новых агрегатов и компонентов. Это привело к значительным отличиям между действительными свойствами смеси и свойствами, прогнозируемыми автономным оптимизатором. Коррекция рецептуры смешения основывалась на лабораторном анализе пробы из узла смешения, поэтому смешение приостанавливалось до получения результатов лабораторного исследования. Помимо потери производственного времени, такой подход приводил к частому невыполнению требований по свойствам смеси или их нерациональному превышению. В 2000 году компания Preem инициировала инвестиционную программу с целью модернизации и повышения экономичности процесса смешения, а также придания возможности быстрой адаптации к строгим и постоянно меняющимся европейским спецификациям на продукцию.

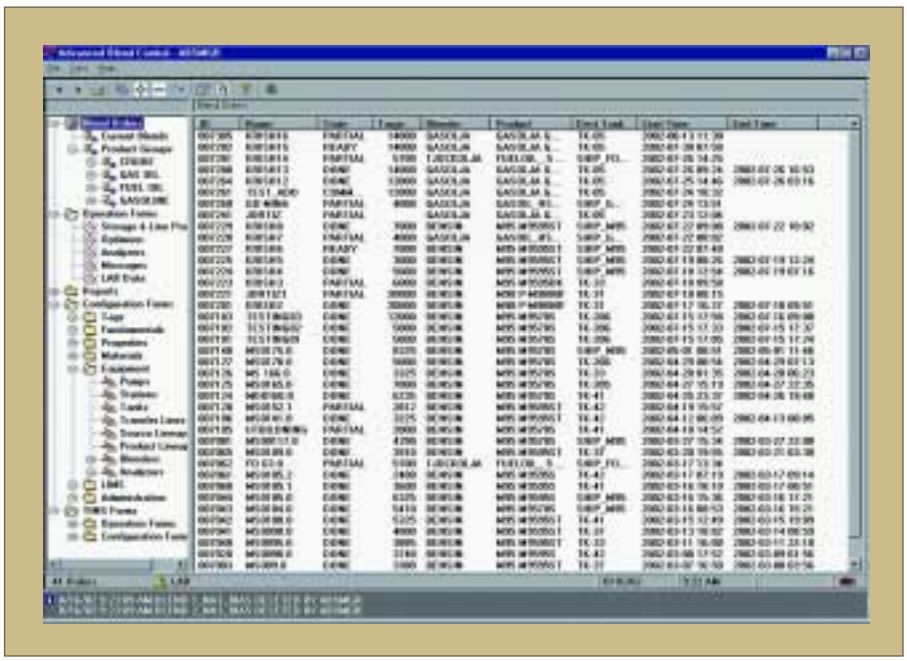
Реализовать это планировалось посредством внедрения оперативной (online) оптимизации с непрерывной обратной связью от анализатора. Компания АББ

Установки изомеризации и каталитического риформинга – это всего лишь две из нескольких «установок химического превращения», производящих компоненты смесей. Обычно в узле смешения бензина производится смешение от 4 до 12 компонентов. Установки химического превращения включают в себя реакционные секции, изменяющие молекулярную структуру углеводородов (обычно с целью повышения октанового числа) и секции фракционирования (например, отделители риформата), которые разделяют выходящий поток реактора на потоки с разными свойствами (например, температурой кипения) и ценностью.

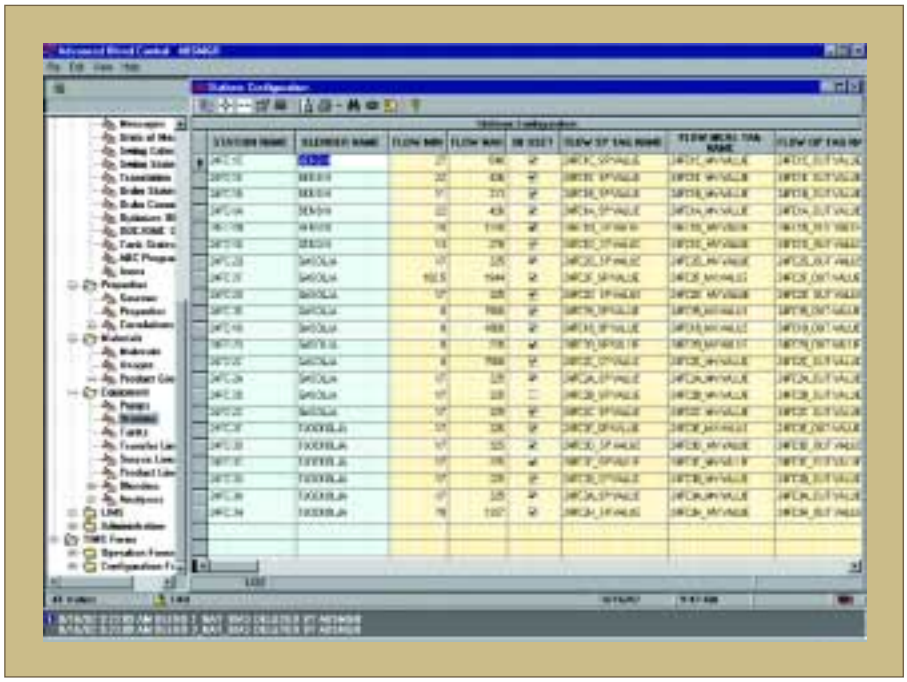
1 Схема управления комплексом смешения



2 Экран «навигатора» APC



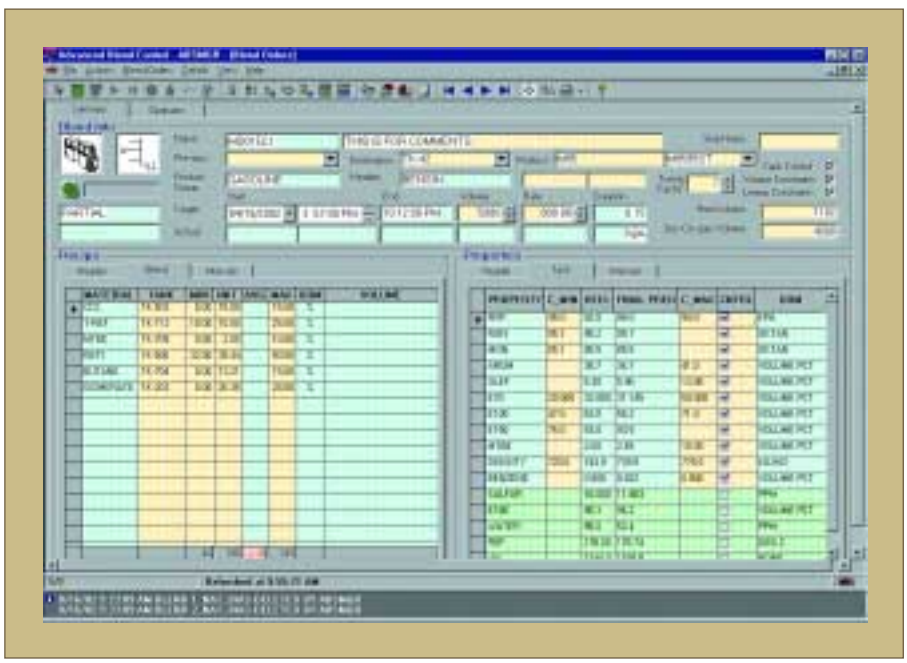
3 Типичный экран конфигурации



была выбрана в качестве поставщика целостного интегрированного пакета, включавшего в себя:

- Систему усовершенствованного управления смешением (ABC) для создания приказов на смешение, автономной (offline) оптимизации, управления приказами на смешение, оперативного контроля, оптимизации и интеграции свойств резервуаров, а также и обмена данными по технологии клиент-сервер;

4 Экран сводной информации о наряде на смешение



- систему регулируемого управления смешением (RBC) для основного регулирования, контроля пропорции и управления последовательностью смешения;
- анализатор FTIR для оперативного и непрерывного измерения ключевых свойств смеси;
- распределенную систему управления (DCS) Advant для мониторинга, управления и контроля, снабженную интерфейсом со всей контрольно-измерительной аппаратурой завода.

Это общее решение позволяет компании Preem, в случае необходимости оперативного изменения оснащения или параметров работы завода, внедрять новое оборудование, компоненты и продукты, а также выполнять тонкую настройку параметров без помощи компании АББ.

Все три узла смешения были оснащены системами ABC, RBC и DCS. Для сокращения первоначальных затрат оперативный анализатор ближнего ИК-диапазона и система оперативной оптимизации были установлены только на комплексе смешения бензина. Проект был сдан в эксплуатацию в октябре 2001 года. С этого времени сроки производства смеси сократились более чем на 30%, большинство смесей производится без нарушения требований к свойствам и без их превышения.

Общее описание системы

На рис. 1 показана архитектура интегрированной системы управления смешением на заводе Preem.

Система RBC включена в систему АББ Advant DCS и снабжена интерфейсом со всей выносной контрольно-измерительной аппаратурой. Система ABC работает на сервере Windows NT, её интерфейс с системой DCS реализован посредством сетевого шлюза и сервера OPC DA 2.0. Она также снабжена интерфейсом к базе данных информационной системы лаборатории завода (LIMS). Программа получает на входе информацию о параметрах процесса, результаты измерения анализатора продукта и лабораторные данные о компонентах и передает оптимизированные рецепты системе RBC.

Усовершенствованное управление смешением (ABC)

Пакет ABC позволяет операторам и планировщикам создавать, оптимизировать, выполнять и сохранять отдельные приказы на смешение продуктов. Пакет также обладает возможностью получать приказы на смешение из автономных систем оптимизации, планирующих приготовление нескольких смесей для заданного графика работы. Система ABC передает

5	Экран включения источников компонентов смеси.

одобренные приказы на выполнение в систему RBC, затем, при включении в оперативном режиме, ведет смешение компонентов для получения продуктов с требуемыми свойствами и минимальной ценой.

Реляционная база данных

В системе ABC применена специализированная реляционная модель данных в базе данных Oracle, организованная согласно линиям оборудования (смесителям, датчикам, контроллерам и т.д.), свойствам (ОЧ, упругости паров по Рейду и т.д.), материалам и данным приказов на смешение.

Ключевым компонентом модели данных ABC является приказ на смешение. Это полный комплект информации, связанной с отдельной смесью, включающий, в первую очередь, входную информацию, необходимую для создания приказа, а также данные, собранные и рассчитанные в ходе оптимизации и выполнения приказа смешения. Поэтому завершенный приказ на смешение содержит очень большой объем данных.

Графический интерфейс пользователя

Экран «навигатора» ABC дает пользователю доступ ко всем операциям и конфигурационным экранам системы. Приказы на смешение могут выбираться по группе продуктов или по состоянию.

В системе ABC предусмотрено несколько удобных в использовании конфигурационных экранов для конфигурирования базы данных. Главным рабочим экраном системы ABC является экран приказа на смешение, позволяющий создавать, модифицировать и отслеживать приказы и содержащий всю необходимую информацию, такую как целевые и действительные скорости смешения, объемы, компоненты и рецепты, а также свойства получаемой смеси и спецификации.

На закладке оптимизатора отображаются усредненные рецепты и интервалы рецептов, действующие минимальные и максимальные ограничения рецептуры, минимальные и максимальные целевые значения параметров смешения, прогнозируемые свойства узла смешения и т.д.

Из главного экрана приказа на смешение можно вызвать несколько дополнительных экранов. На рис. 5 представлен экран просмотра схемы включения оборудования компонентов, с помощью которого оператор может изменить выбор насосов или поточных станций перед загрузкой приказа на смешение. На рис. 6 показана диаграмма трендов свойств, включающая измеренные анализатором значения, систематическое отклонение, прогнозирование запасов в резервуарах, минимальные и максимальные целевые значения оптимизатора в узле смешения, параметры обратной связи и т.д.

Ядро моделирования и оптимизации

Для оптимизации рецепта смеси необходимо иметь комплекс из модели смешения и оптимизатора. Модель смешения позволяет рассчитывать свойства, получаемые из рецепта смеси. Оптимизатор производит поиск по пространству возможных рецептов с целью нахождения рецепта с минимальной стоимостью компонентов смеси, минимальным превышением заданных характеристик и (или) отклонением от запланированного рецепта.

При разработке системы ABC была предусмотрена поддержка любой подходящей технологии моделирования и оптимизации, выпущенный продукт включал как собственную версию ядра GAMS (системы обобщенного алгебраического моделирования), так и версию, разработанную третьей стороной. Система GAMS используется для постановки целей и пределов оптимизации (включая модели смешения и требования к свойствам смеси) и образует интегрированную систему решения нелинейных уравнений.

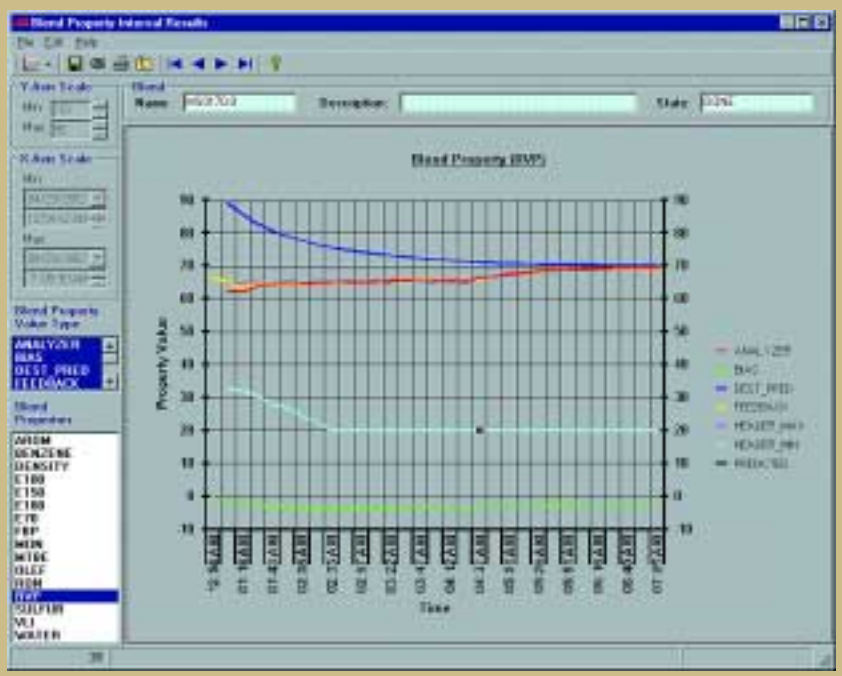
Проект системы ABC на заводе Preem включал интеграцию технологии оптимизации StarBlend, поставляемой в качестве стандартного дополнительного компонента продукта. Программа StarBlend – это автономный пакет для оптимизации и планирования смесей, разработанный компаниями Texaco и Shell.

Вспомогательные программы

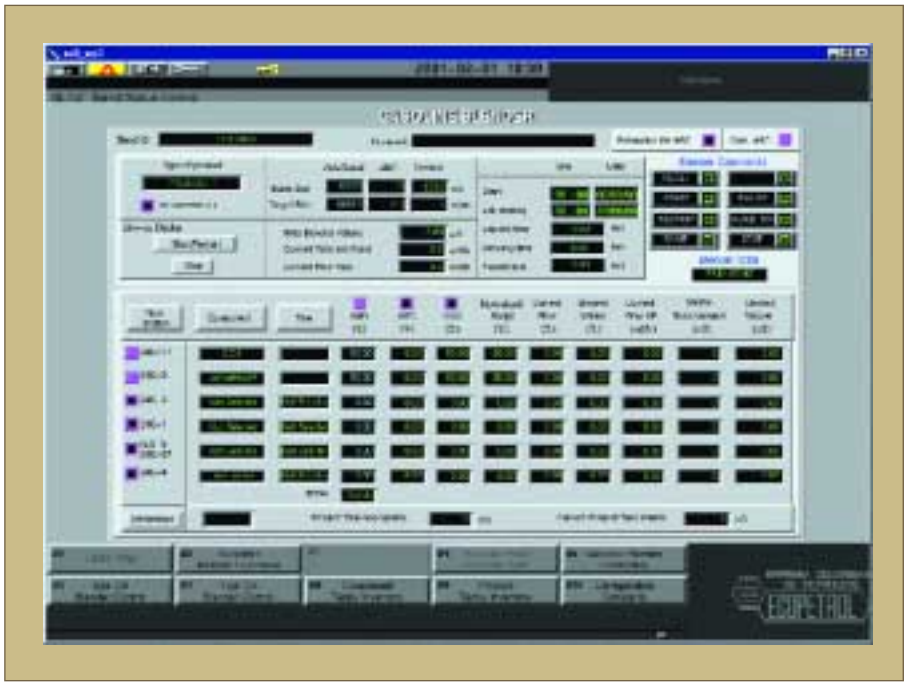
Программный пакет ABC включает несколько программ для выполнения и оптимизации смешения.

Программа «Монитор смешения» отвечает за загрузку

6	Диаграмма свойств в экране наряда на смешение.



7	Сводный экран контроля за смешением системы RBC



приказов на смешение, отправку команд системе RBC, мониторинг смешения, создание интервалов данных, расчет действительных рецептов и систематических отклонений.

Программа «Монитор анализатора» обрабатывает сигналы от анализатора с целью проверки их достоверности, перед тем как они будут использованы для расчета систематических отклонений. Программа сканирует данные каждого анализатора, определяя, включен ли он, анализирует ли поток компонентов или узел смешения. Она считывает текущие показания каждого анализатора на потоке и проверяет, чтобы новые данные находились в пределах диапазона допустимых значений, не изменялись слишком быстро и не были «зависшими». Она также обеспечивает обработку времени задержки, фильтрацию и ввод поправок.

Программа «Монитор резервуара» отвечает за расчет интегрального свойства продукта в резервуаре, который может использоваться далее в оптимизаторе для расчета нового рецепта для узла смешения. Монитор оптимизации отвечает за процессы автономной (offline) и оперативной (online) оптимизации, он снабжен интерфейсом к процедурам оптимизации системы GAMS. В него включены процедуры определения текущих максимальных и минимальных допустимых значений каждого свойства смеси на узле смешения, которые должны соблюдаться для обеспечения попадания конечных свойств смеси в резервуаре в заданные пределы. Целевые значения свойств смеси в узле смешения определяются на основе объема и качества продукта, уже находящегося в резервуаре, количества продукта, еще подлежащего приготовлению, спецификаций, длины интервала и т.д.

«Применение системы ABC сократило сроки производства бензиновой смеси более чем на 30 процентов, поскольку теперь нет необходимости часто приостанавливать процесс для анализа смеси и внесения поправок».

Томас Астром, инженер системы смешения, Preem

Интерфейс с внешними системами

Автономные приказы на смешение можно создавать как посредством интерфейса ABC (как это делается на заводе Preem), так и посредством интерфейса StarBlend. Приказы StarBlend передаются посредством соединения SQLnet непосредственно в базу данных Oracle системы ABC. Для пересчета параметров оптимизации из формата StarBlend в приказ на смешение системы ABC применяется автоматическая процедура. Передача данных инициируется по запросу от автономного пользователя StarBlend.

Система ABC для каждого резервуара с продуктом или исходным компонентом получает данные лабораторных испытаний из системы LIMS. Если система LIMS отсутствует, пользователь может ввести данные лабораторных анализов непосредственно в том же экране, который используется в системе ABC для принятия обновленных данных от LIMS.

Системы ABC и RBC часто обмениваются данными. Посредством этого двунаправленного интерфейса система ABC может как передавать данные в смеситель, так и получать данные от него. Основной обмен данными между системами ABC и RBC заключается в записи рецептур, считывании параметров потоков, общих параметров и цифровых данных из системы RBC и считывании цифровых данных и показаний анализаторов.

Регулируемое управление смешением (RBC)

Пакет RBC рассчитан на работу с системой распределенного управления АББ Advant Master DCS и коммуникацию с системой ABC. В режиме удаленной работы модуль RBC принимает из системы ABC полные приказы на смешение, включая оптимизированные рецептуры, набор оборудования и сведения о будующих колебаниях резервуара. Если система ABC не внедрена или канал связи с системой временно приостановлен, оператор может вручную создать полный приказ на смешение, выбрать оборудование и запустить смешение. После запуска смешения система RBC выполняет проверку режимов работы оборудования и достоверности данных приказа и открывает необходимые клапаны. Когда все необходимые линии будут открыты, по одному запускаются насосы подачи компонентов. Логическая схема затем доводит скорость смешения до заданной посредством регулирования уставок расхода отдельных поточных станций. По достижении запланированного объема партии система RBC отключает все оборудование. На рис. 7 показан главный экран управления смешением, применяемый в системе RBC узла смешения бензинов. Из этого экрана можно перейти к множеству других экранов для получения дополнительной подробной рабочей информации.

Преимущества системы ABC

Некоторые из преимуществ, полученных компанией Preem от внедрения системы ABC:

- Превышение требований по RON[1], MON[2], RVP[3] и другим свойствам было сведено к минимуму, все смеси производятся без нарушения их свойств.
- Исключена необходимость приостанавливать работу для получения данных из лаборатории, корректировки или повторного смешения конечного продукта. В связи с этим стало возможным увеличить производительность по бензину на 30% и более в случаях, когда возрастает спрос на продукцию.
- Бригада операторов имеет возможность производить смеси в соответствии с требованиями без помощи планировщика.
- Благодаря функциям промывки трубопроводов, встроенных в ABC, стало возможным непосредственное смешение по спецификациям в резервуары и танкеры в порту на расстоянии 6 км.
- Все бригады на НПЗ теперь имеют возможность отслеживать состояние смесей.
- Инженеры компании Preem теперь имеют возможность своевременно обновлять программное обеспечение при изменении требований к продукции или при производственной необходимости.

[1] RON = октановое число по исследовательскому методу
[2] MON = октановое число по моторному методу
[3] RVP = упругость паров по Рейду

Анализатор FTIR

Оперативный анализатор на потоке Bomem Advance FTIR обладает высокой точностью длины волны и точностью измерения, что гарантирует переносимость модели между разными анализаторами. Эта возможность крайне важна, поскольку она позволяет ускорить внедрение проектов за счет использования лабораторных установок на этапе калибровки модели. Она также гарантирует, что после технического обслуживания измерительных приборов не потребуется проводить математическую обработку моделей.

Сертификация получаемого бензина на заводе Preem до сих пор основывается на результатах обычных лабораторных методов. Тем не менее компания изучает возможность перехода в будущем на анализатор, работающий в ближнем ИК-диапазоне.

Планирование и организация процессов

Ранее планировщик вводил лабораторные данные в оптимизатор на основе Excel, создавал приказ на смешение с использованием поправок к свойствам предыдущей смеси и передавал его по факсу в аппаратную. Оператор вручную вводил приказ на смешение с использованием старой версии экрана RBC и запускал смешение. Смешение приостанавливалось несколько раз до получения результатов анализа проб смеси, чтобы планировщик мог рассчитать поправки к рецептуре.

В настоящее время планировщик с настольного или переносного компьютера входит в качестве клиента Windows NT на сервер ABC. Затем он создает приказ на смешение, исходя из информации, предоставленной отделом сбыта или снабжения. С учетом данных о запасах компонентов в резервуарах в системе ABC из TIMS[1], и о запланированных объемах сбыта, могут быть установлены соответствующие ограничения на рецептуру и проведена оптимизация приказа. Когда планировщика удовлетворят результаты оптимизации, он одобряет приказ на смешение. Оператор смешения подключен к той же базе данных ABC и имеет возможность выбрать доступное оборудование (резервуары, насосы, поточные станции), повторно оптимизировать наряд, чтобы убедиться в его осуществимости, загрузить приказ в RBC и выполнить смешение. Мониторинг состояния текущей и законченной смесей может безопасно осуществляться любым сотрудником завода, имеющим доступ к системе ABC. После этого производится отбор пробы из резервуара с окончательной смесью и сертификация продукта.

«Система ABC автоматически корректирует рецептуру смеси на основе данных обратной связи от анализатора, поэтому большинство смесей производятся без нарушения требований по RON, MON и RVP и с минимальным их превышением».

Томас Астром, инженер системы смешения, Preem

Окупаемость инвестиций в течение одного года

Срок окупаемости инвестиций в систему ABC обычно составляет менее одного года. При условии, что все узлы смешения оптимизированы и работают с использованием правильно откалиброванных анализаторов, объем экономии для НПЗ производительностью 100 000 баррелей в день может превысить 3 млн. долларов. Компания Preem уже отмечает существенную экономию благодаря оптимизации установки смешения бензина и ожидает дополнительный рост экономии в дальнейшем после оптимизации установок смешения газойля и мазута с применением обратной связи от анализатора.

Планы на будущее

На основании впечатляющего успеха при внедрении оперативной оптимизации в смешении бензинов сегодня рассматривается возможность ее введения на заводе Preem на установках смешения газойля и мазута. В настоящий момент на этих установках система ABC применяется только для управления приказами на смешение и хранения данных обратной связи с установкой. С момента ввода в эксплуатацию системы на заводе Preem компания АББ продолжала работу над системой ABC, включая в нее новые функции и увеличивая гибкость.

[1] Система управления информацией о резервуарах

Томас Астром
Нефтеперерабатывающий завод Preem
Готенбург, Швеция

Криш Дж. Арвикар
Эрик Гильдеа
ABB Inc.
Шугалэнд
шт. Техас, США
krish.j.arwikar@us.abb.com
eric.gildea@us.abb.com

Тони Масгрейв

Победа над простоями

При непрерывном производстве 90 процентов всех возможных отказов, скорее всего, будут происходить с 10 процентами установленного оборудования. Поэтому при планировании профилактического обслуживания имеет смысл сконцентрировать усилия на этой группе повышенного риска. Контроль с учетом фактора риска (RBI) позволяет реализовать именно такой подход. Недавно было показано, что благодаря использованию этого инструмента клиенты АББ могут сэкономить значительные средства и большое количество времени.

Инженеры на предприятиях ведут постоянную борьбу с вынужденными простоями. И хотя необходимость обслуживания и ремонта является важным фактором, это не единственный повод для беспокойства: все более опасными становятся перерывы в деятельности предприятия, негативно влияющие на объем производства и рентабельность. В результате на карту может быть поставлено существование производственного процесса, и даже предприятия в целом.

Компания ABB Eutech[1] разработала метод контроля с учетом фактора риска (RBI, Risk Based Inspection), позволяющий предприятиям существенно повысить надежность оборудования, снизить количество отказов и сократить время, затрачиваемое на регулярные проверки и обслуживание.

Полученные недавно данные о результатах внедрения системы у четырех клиентов в химической и нефтехимической отраслях неоспоримо свидетельствуют о существенной экономии. Общая стоимость инспектирования, например, может быть снижена на 49-80 %. Средний интервал между инспекциями увеличился на 35-57 %, в среднем на 44 %. При этом более половины оборудования заводов может быть исключено из планового осмотра с вмешательством в ход технологического процесса («инвазивного» осмотра). Можно сделать вывод, что применение RBI сокращает время плановых и внеплановых простоев при снижении затрат на обслуживание. Сэкономленное время и произ-

Типичные результаты недавних проектов

Исследование	A	B	C	D
Средний интервал между инспекциями до/после исследования RBI (месяцы)	31/44	Нет данных	54/85	48/65
Оборудование, переведенное на «неинвазивные» методы контроля	16 из 26	76 из 157	90 из 179	41 из 82
Сокращение стоимости инспекций	58%	49%	61%	81%

[1] ABB Eutech – это центр совершенствования технологических решений в рамках деятельности компании АББ в нефтяной, химической отраслях, сфере наук о жизни и производстве товаров народного потребления.

водственные мощности, а также возросший в результате коэффициент готовности оказывают непосредственное положительное влияние на производительность завода.

Принципы RBI

Метод RBI – это метод, основанный на знаниях, в котором степень риска служит основанием для распределения приоритетов и управления программами инспекций. В этом определении под «риском» подразумевается произведение вероятности возможного отказа на последствия этого отказа.

Вообще, уровень риска, связанный с различными элементами оборудования, входящими в состав завода, не одинаков. Однако этот факт редко находит отражение в программах плановых инспекций, установленных для всего оборудования. Контроль с учетом фактора риска концентрирует усилия по инспектированию и обслуживанию в тех секторах, где риск и возможные последствия наиболее велики.

Главными задачами программы RBI являются:

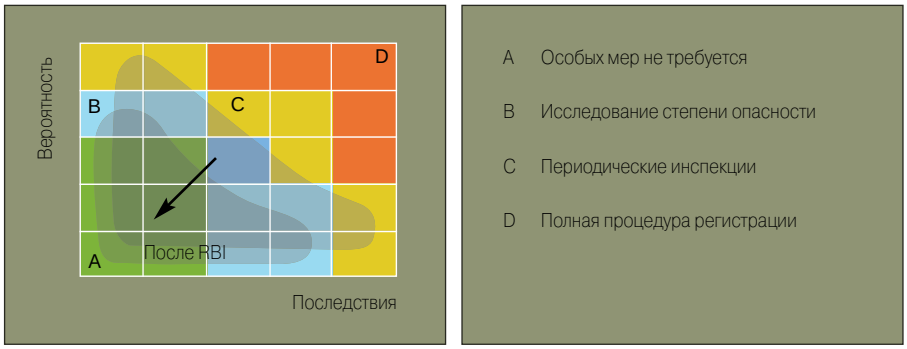
- концентрация усилий на определении и снижении деловых рисков и угроз безопасности;
- достижение повышенного коэффициента готовности за счет остановки работы только для выполнения самых необходимых программ контроля;
- снижение затрат на обслуживание, связанных с излишними операциями по демонтажу и подготовке;
- повышение безопасности благодаря исключению угроз, связанных с подготовкой к инспекции.

RBI становится предпочтительным средством определения «надлежащей инженерно-технической практики». Прогнозный подход рассчитан на исключение излишних действий за счет концентрации усилий на секторах действительного риска (см. рис. 1). Показано, что использование RBI эффективно снижает количество непредвиденных аварий.

Подход компании АББ к методу RBI

Процесс RBI-исследования в варианте АББ строится на основе стратегии обслуживания активов, рассчитанной на мониторинг завода в течение всего жизненного цикла. Для этого требуется получение подробной информации и глубокое понимание работы каждого компонента завода в текущих условиях эксплуатации. При комплексном подходе внимание уделяется таким факторам, как качество разработки и изготовления, предыстория инспекций и обслуживания, условия работы, включая нормальные и аномальные отклонения. При оценке рассматриваются все варианты отказов и связанные с ними риски.

1 Матрица рисков в методе RBI: область рабочих рисков перемещается в более безопасную зону



Накопленные в ходе этого процесса знания и опыт помогают инженерам определить, какие единицы оборудования и в какие сроки необходимо инспектировать, а также установить, в каких точках отказ будет иметь наихудшие последствия. Следовательно, становится легче понять, где должны быть сконцентрированы усилия для получения максимальной отдачи. Такой подход способствует оптимизации интервалов осмотра, одновременно давая возможность определить элементы оборудования, для которых контроль без вмешательства в ход процесса («неинвазивный») будет не менее эффективен.

До нынешнего момента опыт компании АББ был связан, в основном, с сосудами, работающими под давлением. Однако такой же подход применим и при оценке рисков, связанных с вращающимся оборудованием, важнейшими контрольно-измерительными приборами и строениями. Подход к RBI компании АББ основывается на полном использовании опыта компании и консультантов, а также применении специальных программных средств.

Для британского производителя полимеров, компании Victrex, потенциальный экономический эффект снижения времени простоев посредством внедрения RBI был оценен почти в 10 млн. долларов.

На основе своего подхода к RBI компания выработала эффективное, рационализированное решение под названием Risk Based Inspection+(c) (рис. 2). Это решение создано на основе опыта, полученного при реализации сотен проектов, оно фокусируется на получении значимых результатов благодаря следующим факторам:

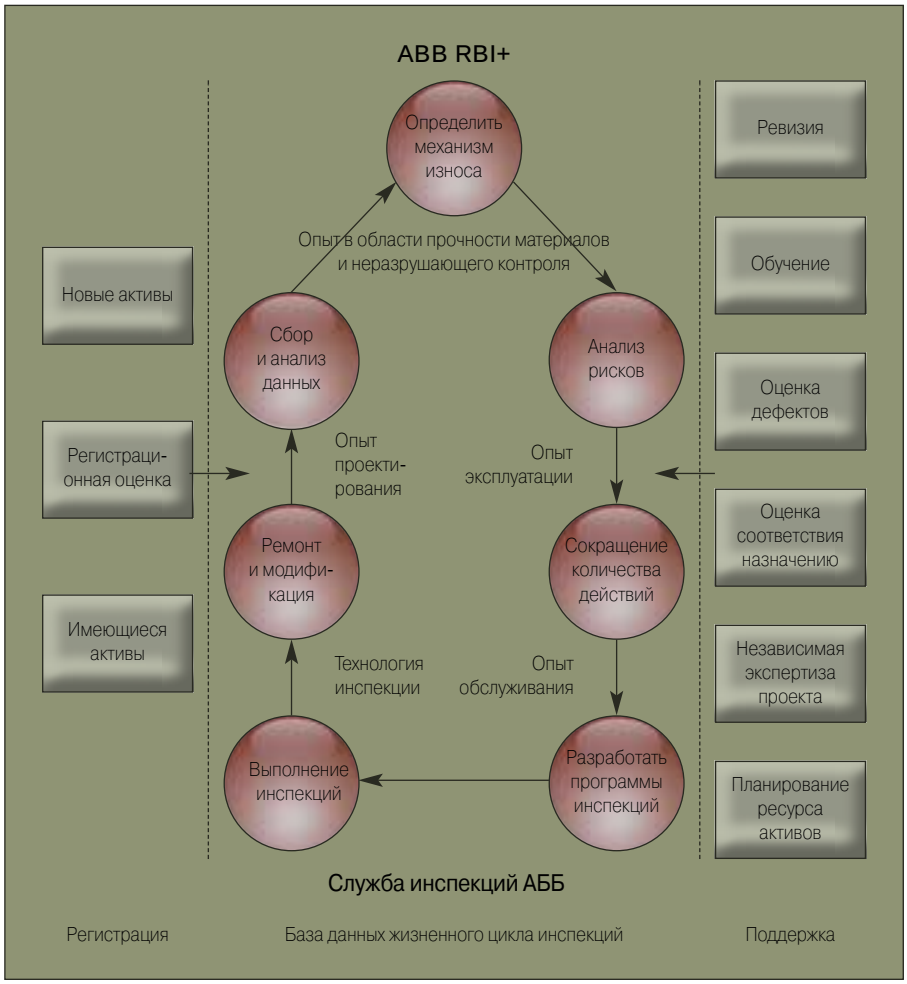
- накоплению всеобъемлющей базы знаний о рисках, связанных с теми или иными элементами оборудования завода;
- значительному сокращению общих затрат на инспекцию;
- достижению более длительных интервалов между повторными инспекциями и обслуживанием и сокращению затрат времени на них;
- обеспечению повышенного коэффициента готовности и надежности оборудования и сведению к минимуму непредвиденных поломок, что приводит к увеличению коэффициента использования;
- упрочению уверенности в работоспособности оборудования;
- наличию утвержденной процедуры оформления необходимого нормативного одобрения.

Выдающимся примером успешного внедрения системы Risk Based Inspection+ в тесном сотрудничестве с клиентом является проект, реализованный недавно компанией АББ для фирмы Victrex plc, британского производителя полимеров.

Внедрение RBI на фирме Victrex

Компания Victrex производит полимер PEEK™, высококачественный термопласт с исключительной химической, электрической, термо- и износостойкостью. Он применяется в автомобильной, электронной, медицинской, аэрокосмической и пищевой промышленности по всему миру.

2	База данных жизненного цикла инспекций



Компания в настоящее время активно расширяет рынки сбыта для полимера PEEK благодаря интенсивному маркетингу, индивидуальному обслуживанию клиентов и обеспечению качества. Фирма Victrex находится в благоприятном положении: спрос на ее продукцию очень высок. Основная задача фирмы сейчас заключается в увеличении объемов производства с одновременным сдерживанием накладных расходов и объемов капиталовложений. В работе с компанией АББ инженеры Victrex ставили цель разорвать «порочный круг», связывающий повышение объемов производства и инвестиции в новый завод. Обобщенное правило показывало, что увеличение годового объема выпуска на 100 тонн требовало вложения 1,5 млн. долл. За последние годы объемы производства были увеличены с 1000 тонн в год до 2000 тонн в два этапа, каждый раз по 500 тонн, первый раз в 1996 и затем в 2000 году. Каждый раз вложения в новые производственные мощности составили почти 10 млн. долл. (рис. 3).

Экономия времени - снижение издержек

Процедуры инспекции и обслуживания были основным объектом тщательного изучения. Было ясно, что экономия времени и средств может оказать значительный эффект на объемы производства, эффективность и рентабельность завода.

До проведения RBI инспекции проводились по предписанию в «инвазивном» режиме, независимо от связанных с ними рисков. Известно, что зачастую тщательные инспекции во время периодов остановки не обнаруживают ухудшения состояния оборудования. Однако бывают и случаи, когда обнаруживаются непредвиденные проблемы, а они могут привести к незапланированному ремонту, увеличивающему время простоя.

Все работы по инспекции и обслуживанию на главных сосудах, работающих под давлением, должны соответствовать «Нормам по безопасности систем, работающих под давлением» от 2000 г. Эти нормы в основном определяют требования к технике безопасности и состоянию сосудов для снижения рисков на рабочих местах в рациональных пределах.

Инженер из Victrex охарактеризовал ситуацию так: «полная стоимость инспекции включает вывод из эксплуатации, очистку и подготовку к внутреннему осмотру. И все эти затраты времени и сил только для того, чтобы обнаружить, чаще всего, что все нормально! Это заставило нас задуматься над нашим подходом».

Это было то побуждение, которое привело компанию к основанному на знаниях подходу к изучению состояния завода.

Целью введения RBI было повышение коэффициента готовности завода с 80 до 85 %, от 290 до 310 дней в году, что «является стандартом мирового класса» для подобных специализированных химических производств.

Было определено, что основной вклад в повышение коэффициента готовности будет сделан за счет сокращения времени простоя за год. Оно должно быть сокращено с 35 до 21 дня.

Потенциальный экономический эффект от значительного сокращения времени простоя оценивался почти в 10 млн. долл. Такая сумма должна была явиться результатом повышенной прибыли и сокращения необходимых объемов вложений в краткосрочном периоде.

Это не означает, что планы дальнейшего расширения производства были отменены, но первейшим приоритетом компании Victrex было получение наибольшей отдачи от существующих мощностей перед переходом к новым крупным вложениям.

Обеим компаниям, АББ и Victrex, было необходимо предпринять некоторые важные действия для того, чтобы желаемый эффект от внедрения RBI был достигнут. Помимо всего прочего, существовала необходимость использовать все имеющиеся у предприятия знания и опыт в сочетании с профессиональным опытом АББ. Для начала члены рабочих групп должны были объединить весь свой опыт и знания. Эти данные, как качественные, так и количественные, в комплексе с архивными записями предыдущих инспекций и тщательным анализом причин непроизводительных простоев за последние 12 месяцев, создали фундамент для базы знаний, на основе которой должен был быть разработан план проведения RBI.

3	Завод Victrex.

Вкратце об ABB Risk Base Inspection+©

Подход

- Какое оборудование необходимо инспектировать? Отказ каких элементов неприемлем?
- Где необходимо сконцентрировать усилия?
- Какие методы должны применяться?
- Как найти оптимальную периодичность осмотров?

Преимущества

- Более глубокое изучение рисков эксплуатации активов
- Значительное сокращение общих затрат на инспекцию
- Большие промежутки между остановками, меньшая продолжительность остановок
- Повышение коэффициента готовности и надежности оборудования, что позволяет увеличить продолжительность работы
- Повышение уверенности в работоспособности оборудования
- Способ позволяет получить одобрение регулирующих органов.

Глубокое понимание результатов предыдущих инспекций сосудов, работающих под давлением, в периоды остановок было крайне важным, поскольку подготовка и выполнение инспекций с вмешательством в ход процесса требует значительных затрат времени и труда для приостановки производства. Знание и понимание механизмов отказа каждого компонента и направления их поиска помогло рабочей группе определить возможность применения методов инспекции без нарушения хода процесса. Оказалось, что это сулит значительную выгоду. Тщательный сбор и анализ полезных архивных данных, вкупе с использованием современных программных средств АББ, позволили группе разработать процедуру инспекций, расставляющую приоритеты и позволяющую реагировать на риски и прогнозируемые сценарии отказов. Также эта процедура снижает риск непредвиденных отказов.

Полученные после выполнения полного анализа и создания программы RBI результаты не замедлили себя ждать и оказались впечатляющими. Первая остановка производства, на которую проект оказал влияние, в октябре 2001 года потребовала всего лишь девять дней простоя. Все необходимые технологические работы и обслуживание были завершены за четыре дня. Общая стоимость работ составила половину заложенной в бюджете суммы.

Следующий период остановки, немногим менее года спустя, сократился с 35 дней до 20. Рабочая группа ожидает такого же уровня простоев в будущие годы, поскольку часть оборудования стареет и подвергается износу.

Помимо весьма желанной экономии времени, программа RBI дала результаты, удовлетворившие и превзошедшие ожидания. В течение недавнего периода повышенного спроса валовая прибыль выросла более чем на 9 млн. долл. за 18 месяцев работы, а экономия по статьям капиталовложений и амортизационных отчислений превысила 3 млн. долл. Экономия за счет сокращения простоев в годовом исчислении составляет около 100 тыс. долл. Инженеры Victrex признаются, что их первоначальная попытка применить RBI была сделана наудачу. Они увидели возможность и поверили, что цели будут достигнуты, но они не располагали фундаментом опыта реализации подобных программ. По мнению Эндрю Андерсона, технического руководителя компании Victrex, «накопленный опыт, профессионализм и компетентность сотрудников АББ явились ключевыми факторами продвижения работы и обеспечения уверенности в возможности достижения поставленных нами целей».

Опыт реализации проекта в компании Victrex отчетливо показывает, что инспекции с учетом фактора риска могут обеспечить необходимые предприятиям преимущества в экономии на профилактических работах с одновременным снижением риска отказа.

Тони Масгрейв
ABB Eutech Limited
Уорингтон, Великобритания
tony.musgrave@gb.abb.com

Подтверждение рабочих характеристик

Синтетическая испытательная схема для проверки расчетных характеристик высоковольтных тиристорных вентилей

Баолинг Шенг, Ханс-Ола Бьярме

Новые высоковольтные тиристорные вентили рассчитаны на столь высокую мощность, что при эксплуатационных испытаниях не всегда возможно применение традиционной схемы со встречно-параллельным включением.

Требуется новый метод испытаний – такой, который позволяет точно воспроизвести перегрузки по напряжению и току, превышающие наивысшие значения, возможные в условиях эксплуатации. Синтетическая испытательная схема, разработанная компанией АББ и удовлетворяющая этим требованиям, увеличивает надежность вентилей и в тоже время позволяет значительно сократить капитальные затраты.

Растущие возможности высоковольтных тиристоров по коммутации мощностей значительно затрудняют, а иногда и делают невозможной проверку работы высоковольтных тиристорных вентилей с помощью традиционной схемы со встречно-параллельным включением [1, 2]. Синтетическая испытательная схема рассматривалась как потенциальное решение этой проблемы, и компания АББ собрала команду инженеров по испытаниям силовых устройств и специалистов по конструкции вентилей для изучения этой возможности. Результатом их работы стала разработка новой синтетической испытательной схемы [3], которая впервые была использована в промышленных масштабах в мае 2000 года для испытаний высоковольтных тиристорных вентилей на линии электропередачи постоянного тока «Три ущелья – Чанджоу» в Китае. Применение новой испытательной схемы, которая может обеспечивать перегрузки по напряжению и току, равные или превышающие те, с которыми когда-либо придется столкнуться вентилям в ходе эксплуатации [4], привело к повышению надежности этих жизненно важных узлов.

Потребность в новом решении

Громадный прогресс, достигнутый за последние годы в области полупроводниковой технологии, привел к значительному росту мощности силовых электронных приборов. Речь идет о быстром росте удельной мощности тиристоров, используемых при передаче постоянного тока высокого напряжения. Однако одновре-

менно с этим росла потребность в повышении степени надежности и эксплуатационной готовности систем. По этой причине сейчас в отношении испытаний компонентов и модулей действуют очень жесткие технические условия.

До сегодняшнего времени в испытательных лабораториях для проведения эксплуатационных испытаний высоковольтных тиристорных вентилей обычно применялась 6-фазная или 3-фазная схема со встречно-параллельным включением (которую также называют прямой испытательной схемой). Тем не менее, повышенная номинальная мощность современных

Компания АББ применила новую синтетическую схему в программе полных типовых и выборочных испытаний, в которой были задействованы 36 тиристорных модулей и 18 испытательных установок, для проекта высоковольтной линии электропередачи «Три ущелья – Чанджоу».

тиристоров затрудняет проведение традиционных испытаний методом взаимной нагрузки в реалистичных условиях. Встречающиеся трудности связаны в основном с воспроизведением нагрузки по напряжению на тиристорах, когда к каждой установке можно последовательно подключить только ограниченное количество этих устройств в силу ограниченной мощности лабораторной силовой установки. Для того чтобы точно воспроизвести нагрузки, на каждой установке должны испытываться не менее пяти последовательно подключенных тиристоров. Однако модернизация имеющейся силовой установки до соответствия этим требованиям не может быть обоснована с экономической точки зрения.

Разработан альтернативный вариант испытательной схемы

От варианта с увеличением испытательной мощности традиционной испытательной схемы со встречно-параллельным включением вскоре пришлось отказаться, так как он требовал значительных капиталовложений и не обеспечивал улучшение режима испытаний по сравнению с тем, который предлагался при применении решения, выбранного в итоге компанией АББ.

1	Батареи конденсаторов в секции напряжения синтетической схемы

В Швеции собралась команда компании АББ, состоящая из инженеров по испытаниям силовых устройств, а также специалистов по разработке высоковольтных тиристорных вентилей, с целью изучения возможности разработки синтетической испытательной схемы в качестве альтернативы «форсированной» лабораторной силовой установке. Результатом работы этой команды стала новая синтетическая испытательная схема (рис. 1, 2 и 3), которая была построена и смонтирована на испытательном стенде высокой мощности компании ABB Power Systems в городе Людвика [Ludvika].

Конструкция и принцип действия схемы

В синтетической испытательной схеме испытательный ток и напряжение подаются от двух отдельных источников питания. Новая испытательная схема ком-

2	6-фазные встречно-параллельные мосты в новой синтетической испытательной схеме

Основное оборудование схемы

Синтетическая испытательная схема состоит из трех испытательных генераторов, двух групп испытательных трансформаторов, двух 6-фазных тиристорных преобразователей, одного сглаживающего реактора, двух реакторных батарей, двух батарей конденсаторов, пяти вспомогательных высоковольтных тиристорных вентилей и одной системы управления MACH 2. С помощью данного оборудования можно проводить испытания более чем 12 последовательно подключенных тиристоров на одной установке токами до 4900 А и напряжением до 70 кВ. Последовательность открытия и синхронизация плавно регулируются, точность синхронизации - 10 мкс.

Токовая схема

Генератор(ы): долговременно отдаваемая активная мощность - 9 МВт, долговременно отдаваемая реактивная мощность - 25 МВА, мощность короткого замыкания - 1300 МВА. При необходимости параллельно может быть подключен второй генератор с расчётной мощностью КЗ 2500 МВА.

Трансформаторная группа 1 (выпрямительный мост): 3 x 66,7 МВА

Трансформаторная группа 2 (инверторный мост): 3 x 33,3 МВА

Выпрямительный и инверторный мосты: 6-фазное встречно-параллельное включение при 11,2 кВ и 4900 А со стороны постоянного тока

Сглаживающий реактор: 1200 А, 10 мГн и 10 мОм на обмотку;

Имеется 12 обмоток для различных параллельных или последовательных подключений.

Схема напряжения

Генератор постоянного тока: 70 кВ / 15 А, плавная регулировка выходного напряжения
Батарея конденсаторов со стороны источника, C2: 81 мкФ, регулировка с шагом 4,5 мкФ.
Батарея реакторов со стороны источника, L2: 211 мГн, регулировка с шагом 0.2 мГн
Батарея конденсаторов со стороны источника C1: 72 мкФ, регулировка с шагом 0,9 мкФ.
Батарея переключающих реакторов, L1: 4 блока на 3,2 мГн, 6,4 мГн, 12,8 мГн и 25,6 мГн.

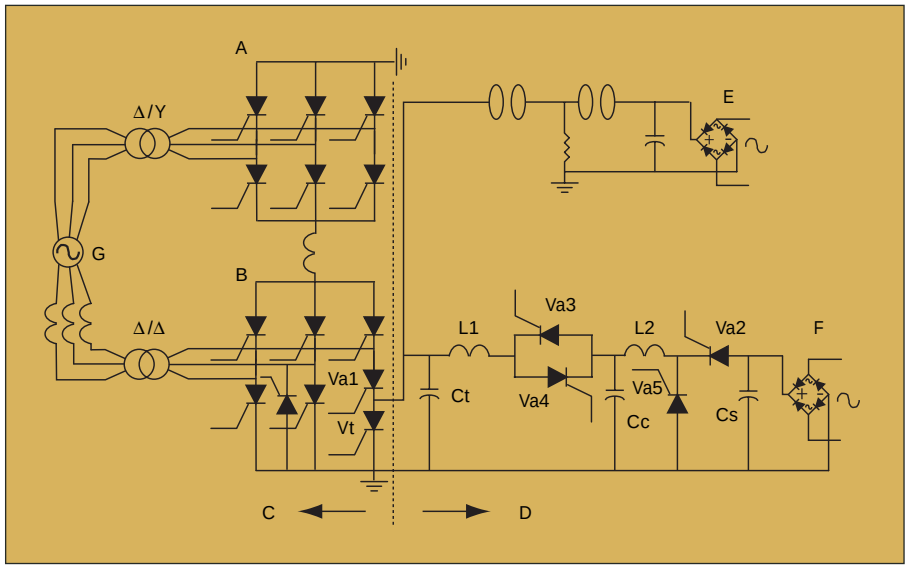
Генератор импульсного напряжения

200 кВ/10 кДж

пании АББ сочетает традиционную 6-фазную схему со встречно-параллельным включением, являющуюся источником тока, и вновь разработанную генераторную схему напряжения (рис. 4), которая подает напряжение. Ниже приводится краткое описание работы схемы (детальное описание – см. [3]).

Одна из функций вентиля 6-фазного выпрямителя в схеме со встречно-параллельным включением заключается в пропускании тока (представляющего собой рабочий ток) через испытуемый объект, Vt, после открытия. Непосредственно перед окончанием переключения открывается вспомогательный вентиль Va3, который подключает источник напряжения. В этот момент и до перехода тока источника через ноль, объект испытаний проводит ток, который равен сумме тока, подаваемого источником тока и притекающего тока, подаваемого от источника напряжения. После перехода тока источника через ноль объект испытаний еще в течение 600 мкс продолжает проводить притекающий ток. Индуктивность L1 и напряжение, проходящее через Cs подобраны таким образом, чтобы у них примерно в течение 200 мкс перед переходом тока через нуль была та же токовая производная (di/dt) как и при эксплуатации [5]. Напряжение обратного восстановления и прямое напряжение вырабатывается путем открывания вспомогательных вентилей Va4 и Va5 в особых случаях. Вспомогательный вентиль Va1 используется для отключения сильноточной цепи от цепи высокого напряжения.

4	Принципиальная схема синтетической испытательной схемы



A = Инверторный преобразователь
B = Выпрямитель
C = Сильноточная секция
D = Высоковольтная секция
E = Импульсный генератор
F = Источник постоянного тока

3	Генератор испытательной схемы, подающий долговременные испытательные токи до 4000 А (эффективное значение), частотой 50 Гц.

Точное воспроизведение условий эксплуатации

Включения и выключения являются наиболее критичными состояниями в работе тиристоров [6]. Во время включения через тиристоры проходит производная сильного исходного тока, обусловленная зарядом паразитной ёмкости и демпфирующим конденсатором тиристорного вентиля. Это вызывает излишнюю плотность мощности в полупроводнике и приводит к неисправности из-за местного оплавления.

Создавая те же условия, которые наблюдаются в сети во время включения и отключения, новая синтетическая испытательная схема обеспечивает непосредственное воспроизведение сложного взаимодействия тиристоров с сетью

Во время выключения, которое является основной функцией таких полупроводниковых коммутаторов как тиристоры, взаимодействие тиристора и сети приводит к выбросу напряжения.

Во время испытаний новая синтетическая схема создает те же условия, которые наблюдаются в сети во время включения и отключения. Таким образом, обеспечивается непосредственное воспроизведение сложного взаимодействия тиристоров с сетью. Так как используются два источника, испытательный ток и напряжение можно регулировать отдельно для обеспечения требуемых нагрузок.

С помощью новой испытательной схемы (рис. 5) можно осуществлять полную программу типовых эксплутационных испытаний в соответствии с требованиями стандартов IEC и IEEE. Программа эксплуатационных испытаний высоковольтных тиристорных вентилей включает в себя:

- Испытания при максимальной непрерывной рабочей нагрузке
- Испытания при максимальной кратковременной рабочей нагрузке (α=90°)
- Испытания на минимальное напряжение переменного тока (испытания на минимальное напряже-

ние открывания и минимальное напряжение закрывания)

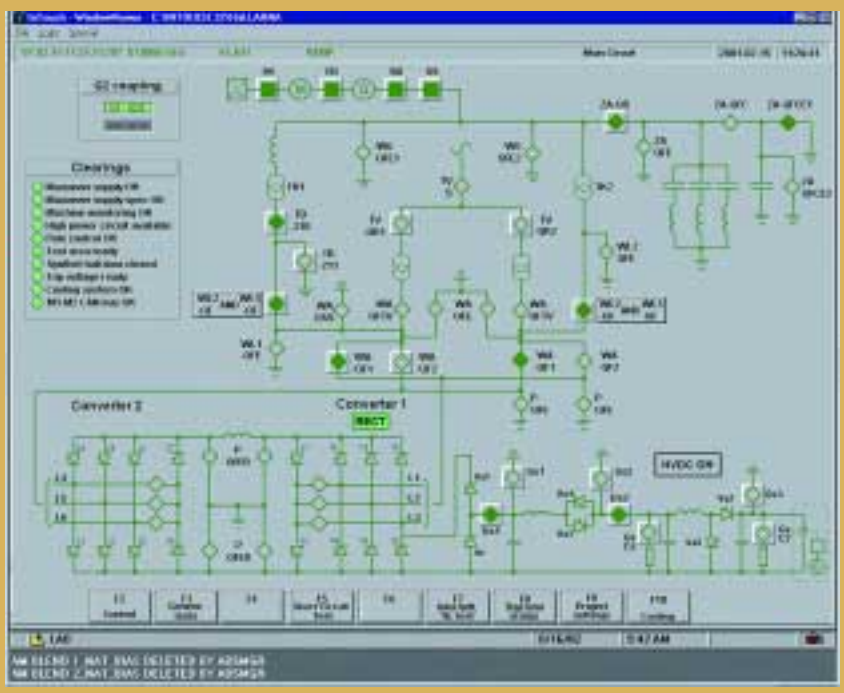
- Испытание на пульсирующий постоянный ток
- Испытания с переходным прямым напряжением во время периода восстановления
- Испытания на одноконтурный ток КЗ с восстановленной подачей прямого напряжения
- Испытания на многоконтурный ток КЗ без восстановленной подачи прямого напряжения

Высоковольтные тиристорные вентили для проекта «Три ущелья – Чанджоу»

В проекте линии электропередачи высокого напряжения постоянного тока «Три ущелья – Чанджоу» компания АББ применила новую синтетическую схему для реализации программы полных типовых и выборочных испытаний, выполняемых на тридцати шести тиристорных модулях в восемнадцати испытательных установках (рис. 6). Записи, выполненные во время испытательных циклов, показаны на рис. 7.

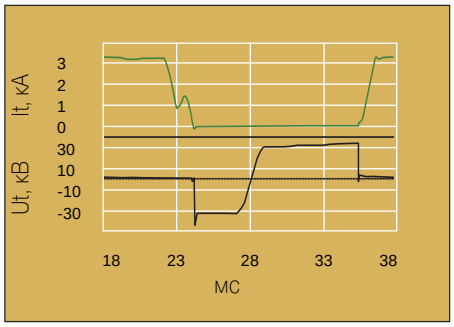
Полученные результаты типовых испытаний подтвердили расчетные характеристики высоковольтных тиристорных вентилей. Тот факт, что испытательные нагрузки были равны или превышали те, с которыми придется столкнуться в ходе эксплуатации, подтверждает высокую ожидаемую надежность испытанных тиристорных модулей.

5	Окно программы управления испытательной схемой с возможностью изменения последовательностей открытия, синхронизации и контролем состояния системы охлаждения

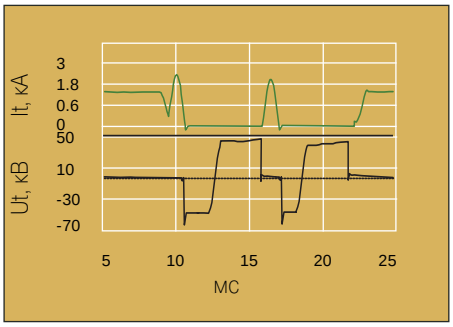


6	Конструкция сдвоенного вентиля для проекта «Три ущелья - Чанджоу» в Китае

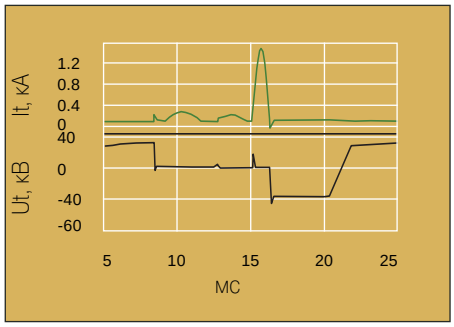
7 Результаты испытаний тиристорных модулей для линии электропередачи «Три ущелья – Чанджоу»



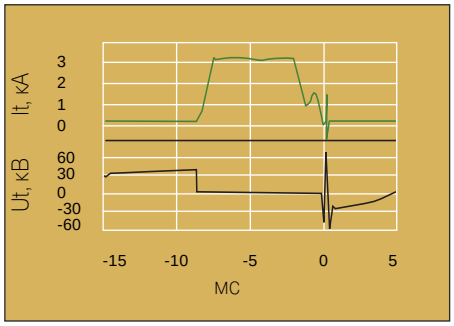
Периодическое открытие и закрытие



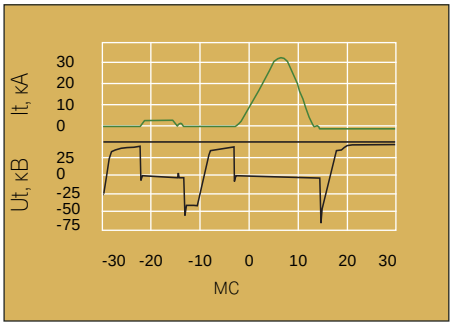
Периодическое открытие и закрытие α=90°



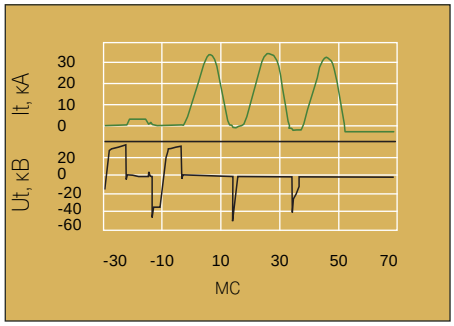
Испытание на пульсирующий постоянный ток



Испытания с переходным напряжением во время периода восстановления



Испытания на одноконтурный ток КЗ с восстановленной подачей прямого напряжения



Испытания на трехконтурный ток КЗ без восстановленной подачи прямого напряжения

Всесторонние испытания – гарантия высочайшего уровня надежности

Высокая надежность высоковольтных тиристорных вентилей компании АББ гарантирована строгими эксплуатационными испытаниями, испытаниями изоляции на пробой и испытаниями устойчивости вентилей к электромагнитным помехам. Задачи проверки диэлектрической прочности и электромагнитной совместимости компания АББ решает совместно со Шведским институтом исследования проблем передачи энергии [Swedish Transmission Research Institute], который располагает собственной высоковольтной лабораторией в городе Людвика. Именно благодаря проведению всесторонних испытаний, высоковольтные тиристорные вентили компании АББ заработали репутацию высококачественных изделий. Таким образом, новая синтетическая схема способствует дальнейшему укреплению лидирующего положения компании АББ в области передачи постоянного тока высокого напряжения.

Д-р Баолинг Шенг
Ханс-Ола Бьярме
ABB Power Technologies
SE-77180 Людвика
Швеция
baoliang.sheng@se.abb.com
hans-ola.bjarme@se.abb.com

Литература

[1] Руководство IEEE по испытаниям тиристорных вентилей, IEEE 857 (1996).

[2] Тиристорные вентили для системы электропередачи постоянного тока высокого напряжения - Часть 1: Электрические испытания, IEC 60700-1 (1998).

[3] Б. Л. Шенг [B. L. Sheng], Е Янссон [E. Jansson], А. Бломберг [A. Blomberg], Х. О. Бьярме [H-O. Bjarme], Д. Виндмар [D .Windmar]: Новая синтетическая испытательная схема для эксплуатационных испытаний высоковольтных тиристорных модулей. Протоколы Конференции ИИЭР АТЭС 2001, Анахайм, США, стр. 1242-1246.

[4] Б. Шенг [B. Sheng], Х. О. Бьярме [H-O. Bjarme], П. Риффон [P. Riffon], В. Ма [W. Ma]: Эксплуатационные испытания высоковольтных тиристорных вентилей для линии «Три ущелья - Чанджоу» с помощью синтетической испытательной схемы. Протоколы Конференции Cigre ICPS 2001, Ухань, Китай, стр. 396-400.

[5] Специальная группа 03 рабочей группы 14.01: Испытательные схемы высоковольтных тиристорных вентилей. Технический сборник Cigre 113.

[6] Специальная группа 01 рабочей группы 14.01: Нагрузки по току и напряжению на высоковольтные вентили. ELECTRA No. 125, июль 1989 г.

Optimize^{IT}

Модельно-прогнозируемое управление пуском парового котла (BoilerMax)

Манфред Роде, Рудигер Франке, Клаус Крюгер

Во многих отраслях промышленности модельное регулирование по замкнутому циклу в сочетании с информационной технологией позволяет выйти на новый уровень производительности и эффективности. Особенно это справедливо для паротурбинных электростанций, на которых работа больших котлов, где образуется предназначенный для вращения турбин пар, без автоматизации невозможна. Именно здесь подобное сочетание оказывается идеальным базисом как для минимизации термических напряжений, сокращающих срок службы, так и для снижения энергопотребления в процессе быстрых пусков паровых котлов.

Созданный компанией АББ нелинейный модельно-прогнозирующий контроллер (NMPC) решает поставленные задачи и учитывает при этом целый ряд ограничений. Он является первым контроллером такого типа, который с успехом используется на электростанции, вырабатывающей порядка 700 МВт электроэнергии. Накопленные на сегодня данные показывают, что решение на основе NMPC можно легко адаптировать к решению аналогичных задач в других промышленных секторах.

При разработке промышленных стратегий модельного регулирования по замкнутому циклу современные системы автоматизации, базирующиеся на информационных технологиях (IT), довольно быстро вытесняют все другие. В прошлом, при наличии лишь традиционных технологий, требовались огромные усилия для выполнения множества различных требований, которые способны удовлетворить новые стратегии.

Стратегии модельного регулирования по замкнутому циклу все чаще получают признание как мощные решения конкретных проблем автоматизации, при этом практический опыт подтверждает, что новое качество автоматизации, которое эти стратегии обеспечивают, перерастает в ощутимые выгоды промышленного масштаба.

Регулируемый пуск парового котла

Optimize^{IT} – система модельно-прогнозирующего регулирования пуска парового котла (BoilerMax)-- была разработана компанией АББ с целью использования всех преимуществ сочетания модельного регулирования по замкнутому циклу с информационными технологиями применительно к паровым котлам крупных электростанций. Основу новой системы составляют динамическая оптимизация и производная технология регулирования по замкнутому контуру - нелинейный модельно-прогнозирующий контроллер (NMPC). В случае с паровым котлом ее динамическая математическая модель позволяет BoilerMax выявлять тенденции по мере их возникновения и работать на упреждение. Благодаря этой особенности NMPC может удовлетворять множество требований, с которыми не в состоянии совладать традиционные контроллеры с обратной связью. В рассматриваемом здесь примере оптимизации пуска парового котла необходимо также отметить, что система учитывает максимальные термические напряжения, допустимые для критичных толстостенных компонентов.

Описанная система регулирования работает на одной из крупных электростанций и является первым примером успешного применения NMPC для пуска паровых котлов соответствующей мощности. Разнообраз-

ные функциональные возможности, присущие новому решению, без особых проблем позволяют адаптировать его к использованию в других местах с аналогичными требованиями.

Проблема, связанная с паровыми котлами

На примитивном уровне работу парового котла можно сравнить с работой кофеварки, в которой вода нагревается от низкой температуры до высокой. Однако если в большинстве кофеварок разогрев производится с помощью электроэнергии, то на многих крупных электростанциях для той же цели сжигают уголь, газ или мазут.

Печь, в которой сжигается уголь, можно представить себе в виде гигантского зала высотой до 130 м с площадью пола 30x25 м. На стенах зала закреплены тысячи стальных труб толщиной в человеческую руку каждая, и которые все вместе весят тысячи тонн. Температура внутри такой печи может быть в диапазоне от 600 до 1100 °C. Пар образуется в объеме свыше 2000 тонн в час, при этом его температура составляет примерно 520 °C и находится он под давлением порядка 150 бар.

Трубы, по которым пар выходит из печи, соединяются в коллекторы, и именно из-за них могут возникнуть проблемы. В процессе пуска коллекторы оказываются под воздействием очень высокого термического напряжения, которое в конечном итоге ведет к усталости материала, из которого они изготовлены, поэтому для эксплуатации электростанции коллекторы являются ключевым затратным элементом. Вообще говоря, затраты на замену коллектора, обычно называемого пароперегревательным, вполне могут оказаться сопоставимыми со стоимостью стандартного жилого дома. Очевидно, что в возможности регулирования и оптимизации пуска с соответствующей минимизацией термического напряжения заключен потенциал существенной экономии средств.

Парообразование на крупных электростанциях

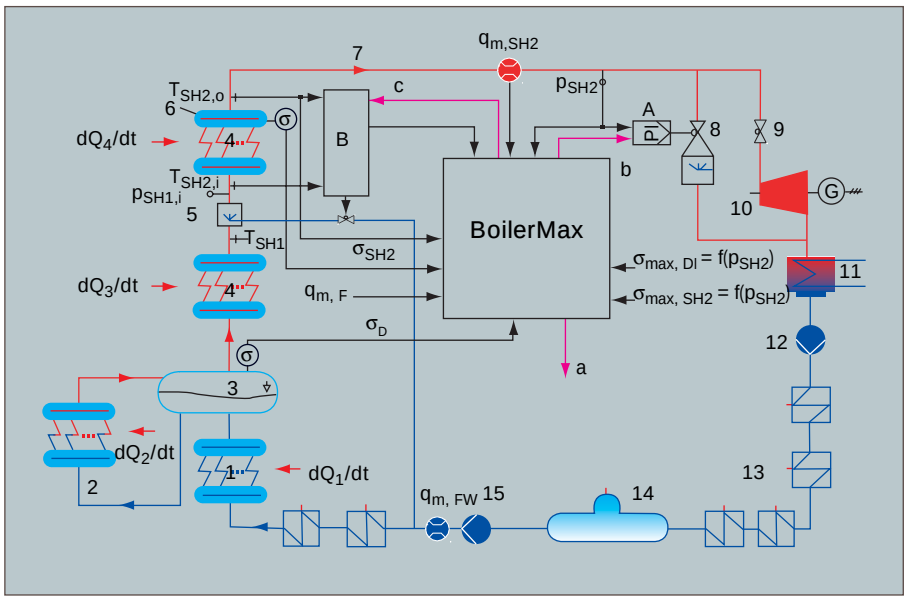
Чтобы по достоинству оценить преимущества BoilerMax, прежде всего нужно разобраться в том, как работает крупный парогенератор (см. рис. 1). На этом рисунке синими и красными линиями обозначены магистрали воды и пара, черные стрелки показывают входы, по которым в BoilerMax поступает информация о фактическом состоянии парогенератора, а ярко-красные выходы иллюстрируют оптимизированные переменные регулирования, то есть уставки для вторичных контроллеров.

> BoilerMax представляет собой первое успешное применение NMPC для пуска парогенераторов на крупных электростанциях.

Показанный на рис. 1 экономайзер предназначен для предварительного нагрева питательной воды. Стоящий за ним испаритель производит так называемый насыщенный (или «влажный») пар, который впоследствии должен быть перегрет. Хотя на рисунке показано всего два перегревателя, на реальной электростанции их, объединенных в пучки, гораздо больше (например, 20). За некоторыми из них находится так называемый пароохладитель, предназначенный для регулирования температуры. На входах и выходах этих пароперегревателей находятся коллекторы, которые являются критическими компонентами, поскольку подвержены воздействию высокого термического напряжения. Именно здесь сходятся трубы, выходящие из камеры сгорания, и именно здесь собирается пар из меньших труб (см. рис. 2).

Пар, выходящий с последних ступеней перегрева, собирается и по так называемой магистрали острого пара подается на перепускную станцию высокого давления (HPB), находящуюся около турбины высокого давления. До тех пор, пока параметры пара не станут рабочими (то есть в течение всего пуска), он

1 Базовая блок-схема парогенератора с наложенной системой BoilerMax



1	Экономайзер
2	Испаритель
3	Барабан
4	Пароперегреватель
5	Пароохладитель
6	Коллектор
7	Магистраль острого пара
8	Перепускная станция HPB
9	Турбинный вентиль высокого давления
10	Турбина
11	Конденсатор
12	Конденсатный насос
13	Питательный нагреватель низкого давления
14	Резервуар питательной воды
15	Насос питательной воды
A	Регулирование давления острого пара
B	Регулирование температуры пароперегревателей
a	Уставка расхода топлива
b	Уставка температуры пароперегревателей
c	Уставка давления острого пара

2	Коллекторы пароперегревателей с толщиной стенок 6,4 см особенно чувствительны к воздействию термического напряжения

через НРВ подается в конденсатор. Через несколько нагревателей и резервуар питательной воды конденсированный пар возвращается в экономайзер, благодаря чему водопаровая магистраль остается закрытой. В нормальном режиме, то есть после завершения пуска, пар через турбинный вентиль поступает на турбину, а перепускная станция высокого давления НРВ закрывается.

С помощью уравнений термодинамики поведение парогенератора в виде динамической модели можно описать математически [1]. Трудность состоит в том, чтобы получить модели парогенератора, которые были бы достаточно точными и которые позволяли бы решать уравнения в течение конечного времени, так как для оперативной автоматизации промышленных процессов временной фактор имеет решающее значение.

Процесс пуска

Для парогенераторов характерными являются три основных режима пуска:

- Холодный пуск: нагревательная установка была полностью охлаждена, например, на период проведения ремонтных работ.
- Теплый пуск: такой пуск осуществляется после отключения электростанции от энергосистемы на период, длящийся от 30 до 50 часов.
- Горячий пуск: печь возвращается в нормальный режим через 4-30 часов после прекращения подачи топлива.

Во всех трех случаях сжигание топлива в камере сгорания на указанные периоды времени прекращается.

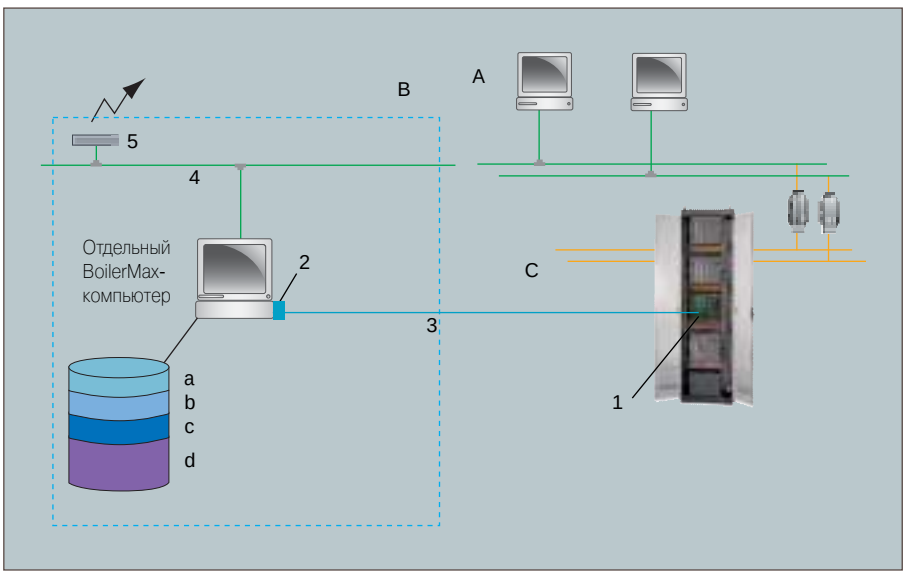
В прошлом крупные электростанции оставались подключенными к энергосистемам в течение всего года и практически постоянно работали в режимах номинальных нагрузок. Ослабление государственного регулирования и появление рынка электроэнергетики в корне изменили сложившиеся традиции. Переход к работе в режимах средних нагрузок означал, что электростанции, особенно в выходные дни, нужно было чаще пускать и останавливать, вследствие чего затраты на пуск стали привлекать к себе гораздо большее внимание.

Постановка задачи

Итак, какие именно факторы превращают пуск крупных парогенераторов в проблему? В общем и целом таких факторов три:

- Из-за температурных изменений в процессе сжигания топлива в стальных трубах появляются температурные градиенты, вызывающие термическое

3	Пример того, каким образом BoilerMax можно встроить в существующую контрольно-измерительную систему



1	PROFIBUS-DP - основной блок
2	PROFIBUS-DP - ведомая плата расширения
3	PROFIBUS-DP - соединительный кабель
4	Прикладная компьютерная сеть
5	Модем
A	Машинный зал
B	Местная комната управления
C	Зал электронного оборудования
a	OPC-сервер (PROFIBUS-DP)
b	OPC-клиент
c	Режим реального времени
d	BoilerMax-приложение

напряжение, особенно в коллекторах [2]. Если термическое напряжение слишком велико, оно может привести к сокращению срока службы коллекторов, а это, в свою очередь, может очень ощутимо сказаться на себестоимости вырабатываемой электроэнергии.

- С теоретической точки зрения парогенератор представляет собой систему со многими переменными. Например, две управляющие переменные (расход топлива/воздуха и положение HPB-вентиля перепускной станции) влияют на отдачу (пар), и в то же время воздействуют на две управляемые переменные (давление пара и его температуру). Зависимости между управляющими сигналами, отдачей системы и значениями параметров (давления и температуры) пара являются выраженно нелинейными. Причиной тому служит зависимость плотности пара и запаса его энергии от его давления и температуры. Дополнительной проблемой является нелинейная зависимость между давлением пара и его расходом.

- С экономической точки зрения пуск явно относится к затратным факторам, так как в его процессе электроэнергия не вырабатывается. Стоимость пуска достаточно высока, поскольку топливом, которое на него расходуется, обычно являются газ или мазут. Кроме того, нередко для пуска требуется подвод пара извне. И до тех пор, пока электроэнергия не начнет поступать в энергосистему, на доходы рассчитывать не приходится.

Где в игру вступает динамическая оптимизация

В принципе существуют две традиционные стратегии. Согласно первой при пуске обеспечивается безопасное расстояние до предельных границ термических напряжений, в то время как вторая допускает выход за эти границы. Для большей безопасности предельные границы термических напряжений выбираются исходя из консервативных соображений.

При использовании динамической математической модели парогенератора можно внедрить более мощные стратегии, но только в предположении, что ожидаемые термические напряжения могут быть воспроизведены с достаточной степенью точности.

Именно здесь в игру вступает динамическая оптимизация. Давая возможность рассчитать оптимальные траектории для управляющих переменных «расход топлива/воздуха» и «положение HPB-вентиля», она гарантирует переход пара из его начального состояния в требуемое конечное, то есть в рабочую точку. Более того, оптимизация дает дополнительную возможность учесть существующие ограничения, то есть обладает особенностью, которая недоступна для большинства других подходов.

Формулировка задачи

Для нашего примера задача оптимизации как задача оптимального регулирования формулируется следующим образом:

и массового расхода пара в соответствии с эксплуатационными требованиями используются весовые параметры w. Минимизация целевого функционала с использованием динамической модели (1) и с учетом ограничений (2) - (4) дает для управляющих переменных (расхода топлива qmF, положения HPB-вентиля YHPB) оптимальные траектории, которые приводят к искомой цели оптимизации.

$$J = \int_{t=0}^{t_f} \frac{\left[T_{LS}(t) - T_{set}\right]^2}{w_T^2} + \frac{\left[p_{LS}(t) - p_{set}\right]^2}{w_p^2} + \frac{\left[q_{mLS}(t) - q_{m,set}\right]^2}{w_{q_m}^2}\, dt \rightarrow \min_{q_{mF}(t), Y_{HPB}(t)}$$

так, чтобы

$$\dot{x}(t) = f\left[x(t), q_{mF}(t), Y_{HPB}(t)\right], \quad x(0) = \bar{x} \qquad (1)$$

$$q_{mF,\min} \le q_{mF} \le q_{mF,\max}, \quad \dot{q}_{mF,\min} \le \dot{q}_{mF} \le \dot{q}_{mF,\max} \qquad (2)$$

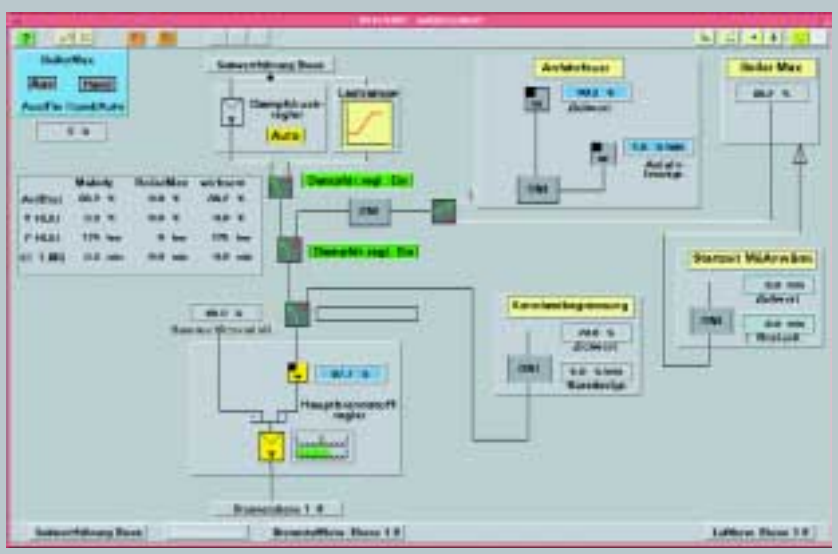
$$0 \le Y_{HPB}(t) \le 100\% \qquad (3)$$

$$-\Delta T \le \Delta T_x(t) \le \Delta T \qquad (4)$$

Как видно из уравнения, целевой функционал *J*, который необходимо минимизировать, содержит разности между задаваемыми уставками (с индексами set) и значениями параметров острого пара (с индексами LS) для температуры T, давления p и массового расхода qm. Для ранжирования температуры, давления

Кроме ограничений, связанных с термическими напряжениями в определенных компонентах электростанций (4), на практике возникает множество иных ограничений, которые также нельзя оставлять без внимания. Например, есть ограничения (2), (3), накладываемые на амплитуды управляющих перемен-

4	Типовая схема интерфейса оператора BoilerMax



ных ($q_{mF,min}$, Y_{HPB}), которые могут изменяться только с предопределенными максимальными скоростями (2). Да и подача топлива (q_{mF}) зависит от числа имеющихся горелок. Более того, для безопасного сгорания и минимального прогрева необходимо гарантировать минимальную подачу топлива. Переход с мазута на уголь может зависеть от наличия угледробилок необходимой производительности. Это, в свою очередь, может зависеть от подогревного воздуха и его температуры. А для предотвращения перегрева труб может потребоваться регулирование температуры в камере сгорания в функции массового расхода пара.

Как эти, так и другие ограничения могут быть учтены способом, простым и прозрачным одновременно. То обстоятельство, что они представляют собой внутреннюю часть результирующих оптимизированных управляющих переменных, и является значительным преимуществом. В случае с традиционными решениями при изменении ограничений нередко приходится вносить множественные изменения в структурные схемы системы управления.

Огромное преимущество динамической оптимизации состоит в том, что она, в отличие от большинства других подходов, позволяет учитывать существующие ограничения.

Прозрачное управление

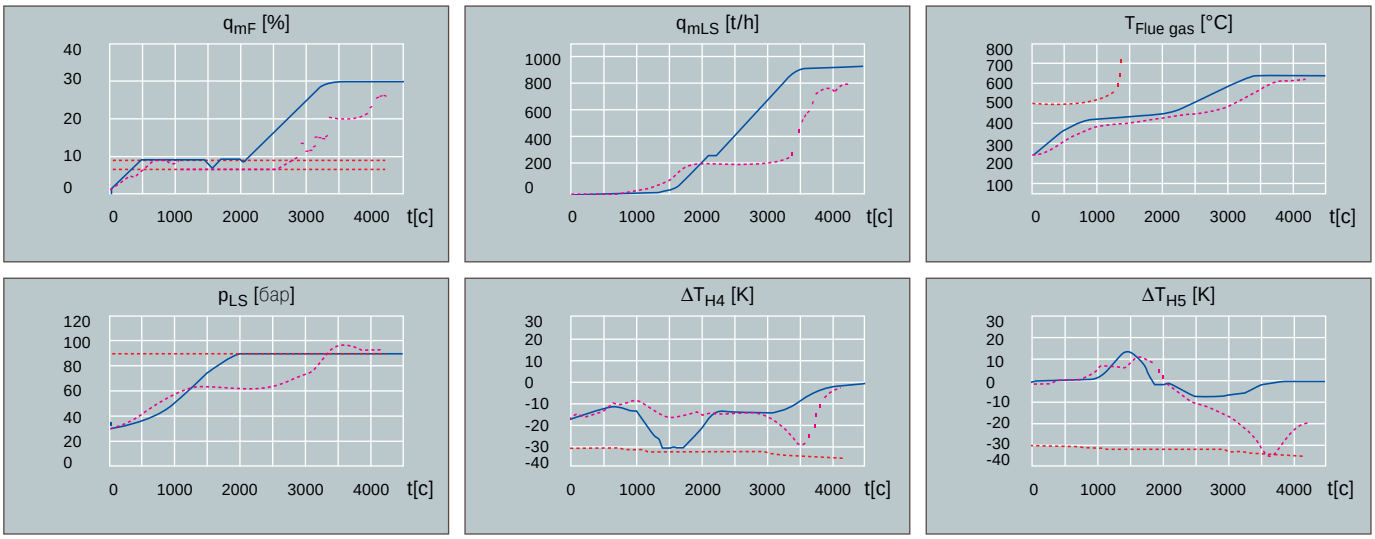
Все это в конечном итоге приводит к очень прозрачной структуре автоматизации. Возвращаясь к рис. 1, обратим внимание на то, что с помощью BoilerMax задача оптимизации управления полностью просчитывается. Все необходимые сигналы (например, о термических напряжениях, давлениях, температурах и положениях вентилей) поступают здесь от парогенераторной системы. Вычисленные оптимизированные управляющие переменные служат опорными переменными для традиционных вторичных контроллеров, которые на период пуска могут быть оставлены неизменными. По завершении процесса пуска задание уставок переходит к другим контроллерам более высокого порядка.

Желательно, чтобы решатель задачи оптимизации имел свой собственный отдельный компьютер, и тому есть две причины. Во-первых, оптимизация – это то, что требует большого количества времени на прогнозирующие вычисления. Во-вторых, гораздо проще ввести решатель в существующие системы автоматизации, если в них используются стандартные средства связи.

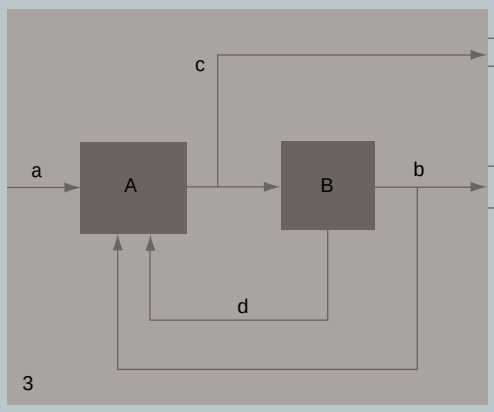
BoilerMax подключается по протоколу OPC – стандартному протоколу для считывания и записи параметров технологических процессов. Для опытного варианта было решено добавить шину PROFIBUS (см. рис. 3). Поскольку система распределенного управления (DCS) общается с BoilerMax через интерфейс PROFIBUS, то BoilerMax гарантированно работает в реальном времени. Каждые пять секунд расчетные значения опорных параметров направляются на подчиненные контроллеры, отвечающие за расход топлива, положение HPB-вентиля и давление. В качестве примера на рис. 4 показано решение задачи оптимизации в рамках операторской станции (Maestro) существующей системы DCS.

Здесь интересно сравнить характеристики обычного пуска (ярко-красные линии на рис. 5) с характеристиками пуска, оптимизированного с использованием Boiler-Max (синие линии). В каждом случае пуск осуществляется после останова, длящегося примерно семь часов. С точки зрения оператора конкретный обычный пуск может считаться вполне удовлетворительным. Характеристики оптимизированных управляющих переменных были рассчитаны на базе исходных условий, сравнимых с теми, которые имеют место во время обычного пуска. Эти кривые убедительно показывают – BoilerMax оптимизировал управляющие переменные таким образом, что термические напряжения не выходят за допустимые пределы, а время

5 Обычный пуск (ярко-красный цвет), предложение для оптимизированного пуска (синий цвет) и некоторые существенные ограничения (красный цвет)
Частота дискретизации: 1 минута Поджигание в момент времени t = 0



6 Блок-схема NMPC, используемого для BoilerMax в замкнутом цикле



1 Система парового котла
2 Традиционное регулирование
3 BoilerMax/NMPC

A Оптимизатор
B Модель парового котла

a Заданные уставки
b Текущие уставки (опорные значения для вторичных контроллеров)
c Управление с прогнозированием
d Внутренние переменные
z Неизвестные возмущения

пуска сократилось. В общем и целом фаза пуска оказалась улучшенной.

Красным цветом на рис. 5 отмечены некоторые существенные ограничения. Применительно к подаче топлива q_{mF} (для мазута) минимальное значение составляет 6,5%, а максимальное - 9%. Применительно к температуре $T_{Flue\ gas}$ в камере верхний предел (500 °C с нулевым расходом пара) показан в функции расхода пара. Давление острого пара p_{LS} не может превысить заданной величины, то есть 90 бар. На рис. 5 также показаны максимально допустимые температурные градиенты ΔT_{H4} и ΔT_{H5}, которые зависят от давления пара.

Существуют три довода в пользу оптимизированного пуска. Расход и давление острого пара достигают своих заданных значений быстрее, чем при традиционном пуске. Турбина может быть подключена к энергосистеме на 15 минут раньше, что быстрее примерно на 20%. Гораздо легче контролировать термические напряжения, поскольку их максимумы приходятся на фазу горения мазута, а не угля. (В процессе обычного пуска во избежание выхода за пределы термических напряжений в случае ΔT_{H5} пришлось задержать подачу топлива из третьей угледробилки, и это привело к тому, что был превышен предел допустимого давления острого пара.)

NMPC как расширение динамической оптимизации

В дополнение к описанной стратегии пуска в разомкнутом цикле BoilerMax также пригоден для пуска с регулированием по замкнутому циклу. Решение для разомкнутого цикла предполагает, что оптимизированные управляющие переменные воздействуют на идущий в парогенераторе процесс в точном соответствии с тем, как это предсказывают результаты расчетов, и при отсутствии каких-либо возмущений так оно и будет. Однако при появлении непредвиденных возмущений, например, при отказе горелки, во время пуска возникают трудности, и необходимо повторить оптимизацию. Заново оптимизированные управляющие переменные учитывают появление новых условий. Если оптимизацию проводить достаточно часто, то все изменения или возмущения, имеющие место в парогенераторной системе, будут учтены, и система сможет соответственно на них реагировать. Поэтому то, что начиналось как оптимальное управление в разомкнутом цикле, теперь превратилось в оптимальное управление по замкнутому циклу. Такое решение специалисты называют модельно-прогнозирующим контроллером (MBPC или MPC). А так как динамическая математическая модель парогенератора является нелинейной с множеством входов и выходов, то и наш конкретный контроллер мы назвали нелинейным модельно-прогнозирующим (NMPC). BoilerMax может использоваться в обоих случаях, то есть как для разовой оптимизации управляющих переменных для пуска (разомкнутый цикл), так и для итерационной оптимизации в форме контроллера NMPC (замкнутый цикл) (см. рис. 6).

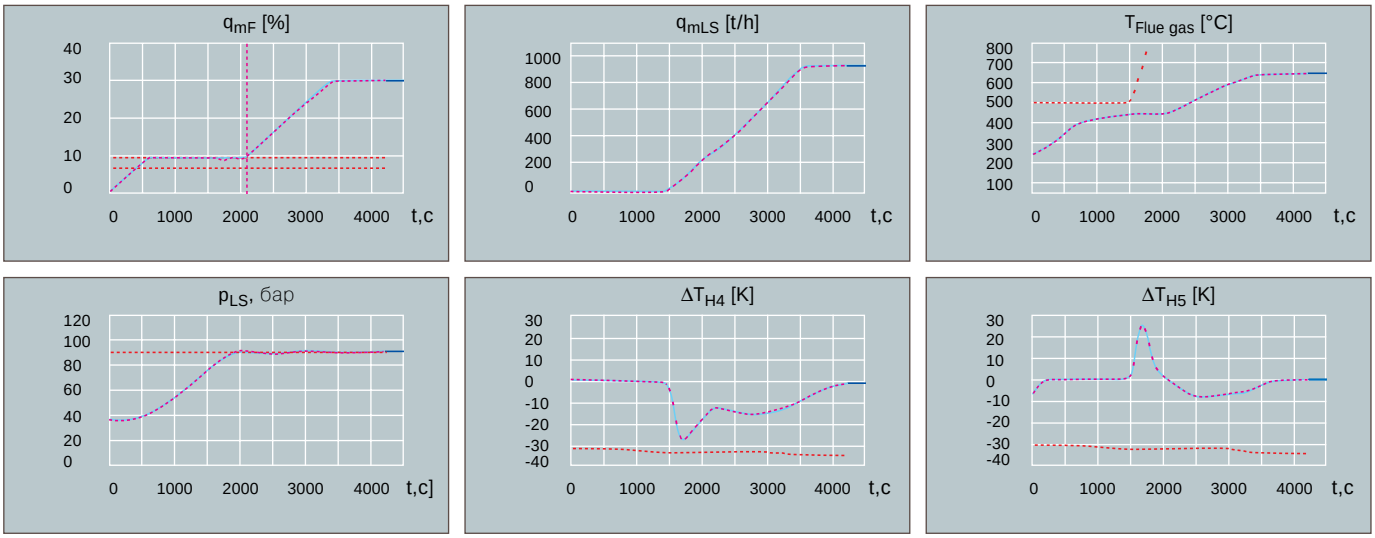
> Есть все основания полагать, что основанное на NMPC решение, внедренное сегодня на крупной электростанции, отключаемой и вновь подключаемой к энергосистеме 150 раз в году, позволит сократить затраты на пуски на 10%.

Парогенераторы – раздвигаем границы

Системы регулирования с функциями прогнозирования доказали целесообразность их внедрения в различных отраслях промышленности, в том числе в нефтехимической. Здесь наиболее часто используются линейные контроллеры MPC, и компания АББ в таких случаях предлагает 3dMPC. Для парогенераторов необходимо было создать нелинейный MPC, который, в сравнении с линейным, должен был удовлетворять специальным требованиям в части решателя оптимизации и системной модели. Например, необходимо было принять во внимание крайне нелинейную водопаровую таблицу. А необходимость оптимизации в реальном времени тем более заставила искать особо новаторское решение [3].

Результаты пуска с использованием разработанного контроллера BoilerMax NMPC показаны на рис. 7. Сравнение их с результатами обычного пуска (рис. 5) показывает, что не только термические напряжения

7	Моделирование пуска с использованием NMPC. Вертикальной пунктирной линией на первом графике отмечена точка готовности к пуску угледробилок. После этого происходит переход с мазута на уголь с увеличением расхода топлива



можно удержать ниже допустимых пределов, но и время пуска можно сократить. Рассматривая полученный эффект (900 тонн пара в час спустя примерно час после начала пуска) в широком аспекте, мы можем еще раз возвратиться к кофеварке, с которой в начале сравнивали парогенератор. Точно такой же эффект в кофеварке означает, что до необходимой температуры вода нагрелась в ней в мгновение ока, и кофеварка при этом осталась целой!

Сокращение затрат на пуски

В настоящее время BoilerMax используется на угольной электростанции, вырабатывающей порядка 700 МВт электроэнергии. В среднем электростанция отключается и вновь подключается к энергосистеме 150 раз в году. Есть все основания полагать, что внедренное на ней решение позволит сократить затраты на пуски на 10%, а также оградить определенные критические компоненты от предельных термических напряжений. Хотя при обычных пусках термические напряжения и не очень превышали предельные, BoilerMax с очень высокой степенью точности будет следить за тем, чтобы этого не происходило никогда, и тем самым будет способствовать продлению срока службы электростанции.

Манфред Роде
Д-р Рудигер Франке
ABB Corporate Research.
DE-685, Ладенбург
Германия
manfred.rode@de.abb.com
ruediger.franke@de.abb.com

Д-р Клаус Крюгер
ABB Utilities GmBH
DE-68309 Манхайм
Германия
klaus.krueger@de.abb.com

Литература

[1] **Ордис [A. W. Ordys] и др.:** Моделирование и имитация работы электростанций. Springer-Verlag, Гейдельберг, 1994.

[2] **К. Крюгер [K. Kruger] и др.:** Оптимизация пуска парового котла с использованием нелинейной модели со строгими ограничениями. Материалы 15-ой Международной Конференции по Энергетике, Расходам, Оптимизации, Моделированию и Влиянию энергосистем на окружающую среду (ECOS 2002), 3-5 июля, Берлин, том II, стр. 1310-1318.

[3] **Р. Франке [R. Franke] и др.:** Нелинейное модельно-прогнозируемое управление пуском паровых котлов. Материалы Конгресса GMA, 2003 г, доклад VDI no. 1756, стр. 295-302.

IEC 61850 и Industrial^{IT}: полная согласованность

Ларс Андерссон, Клаус-Петер Бранд, Петра Рейнхардт

Международное сообщество электротехников постоянно выпускает новые глобальные стандарты. Для глобального бизнеса компании АББ такие стандарты являются не только важными, но и обязательными. В то же время любой стандарт всегда есть компромисс, достигнутый к обоюдной пользе производителей и потребителей, при этом в нем оговаривается область применения.

Со своей стороны компания АББ постоянно работает над созданием передовых концепций, таких как Industrial^{IT}, которые для всех наших заказчиков обеспечивают конкурентные преимущества и экономическую выгоду. И здесь возникает вопрос – каков уровень взаимодействия между концепциями и международными стандартами, внедряемыми компанией АББ? В области автоматизации подстанций, где нашли друг друга Industrial^{IT} и новый международный стандарт IEC 61850, ответ на этот вопрос является столь же понятным, сколь и многообещающим.

Подстанции являются ключевыми узлами в любой энергосети. Именно здесь контролируются потоки мощности, и именно через подстанции система диспетчерского управления имеет доступ к энергосистеме. Кроме того, на подстанциях установлена основная масса оборудования защиты энергосистем. Поэтому неудивительно, что со всеми этими функциями система автоматизации подстанций (SA-система) имеет более или менее распределенную структуру, и что ее надежность является ключевым фактором успешного управления в энергетике.

Типовая SA-система имеет три уровня, показанные на рис. 1: станционный, щитовой и технологический.

Интерфейс с технологическим уровнем может быть организован либо через обычный жесткий кросс, либо с помощью линий последовательной связи.

Значимость коммуникаций

Связь является стержнем каждой SA-системы, и поэтому создание в области коммуникаций нового стандарта - IEC 61850 [1] - является событием значимым, особенно для автоматизации подстанций. Главной целью этого стандарта, в создание которого компания АББ внесла немалый вклад, является обеспечение способности к такому взаимодействию, при котором два или несколько интеллектуальных электронных устройств (IED) от одного или нескольких производителей могут обмениваться информацией и использовать ее для правильного функционирования как вместе, так и порознь. Понятно, что такая цель выдвигает специальные требования как к проектированию систем, так и к их техническому воплощению. Но что делает новый стандарт особенно перспективным и полезным для компании АББ, так это то, каким образом он совпадает с нашей решимостью разрабатывать все свои системы на базе концепции Industrial^{IT} [2].

Как стандарт IEC 61850, так и концепция Industrial^{IT} (IIT) являются результатами тщательного продумывания направления, в котором идет промышленная автоматизация. Для понимания их особой значимости для автоматизации подстанций прежде всего рассмотрим их отдельные характеристики.

IEC 61850: Новый стандарт для новой эпохи

Важнейшей особенностью нового стандарта является то, что он отделяет приложение от коммуникаций с помощью абстрактного интерфейса (рис. 2). Относящаяся к конкретной области объектно-ориентированная модель функций и устройств описывает прикладные данные со всеми необходимыми сервисами. Функции могут свободно распределяться между различными устройствами (рис. 3).

> Как стандарт IEC 61850, так и решения АББ на базе Industrial^{IT} являются результатами тщательного продумывания направления, в котором идет промышленная автоматизация.

Стек, выбранный из известной коммуникационной технологии, обеспечивает передачу сообщений MMS (Manufacturing Message Specification) по протоколам TCP/IP и Ethernet. Объектная модель стандартным способом отображается на уровень MMS-применения, однако критические с точки зрения времени сообщения проходят непосредственно на уровень Ethernet. Правила расширения позволяют развивать модель с учетом будущих потребностей. Для изменения коммуникационной технологии достаточно осуществить новое отображение. Благодаря всем этим особенностям получился стандарт, которому гарантирована долгая жизнь, и который направлен на защиту инвестиций как потребителей, так и поставщиков.

Язык описания конфигураций подстанций

Способность к взаимодействию также требует стандартизированного способа описания топологии связи и ее распределения по структуре подстанций. В новом стандарте ответом на это требование является язык описания конфигураций подстанций SCL (Substation Configuration description Language), в основу которого положен язык XML. В связи с этим все технические средства, отвечающие требованиям стандарта IEC 61850, также могут общаться между собой.

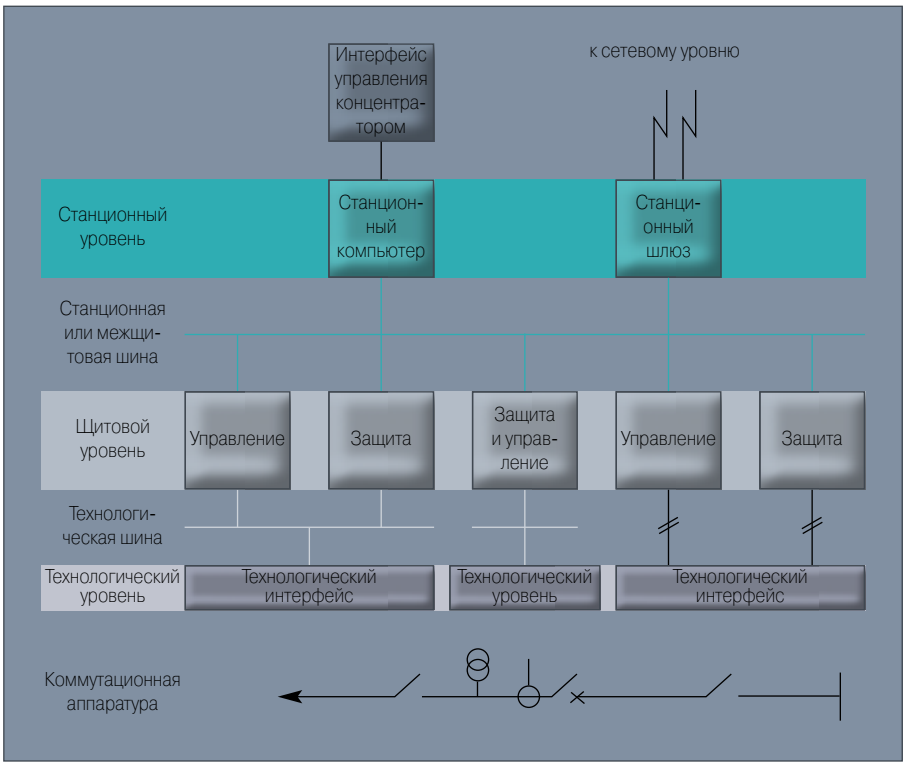
Общая шина

В стандарте IEC 61850 не делается различий между технологической шиной (по которой передаются значения токов и напряжений) и станционной (которая используется для передачи событий, файлов и команд). Обе функции можно реализовать на общей шине одной и той же физической сети, хотя выполнение требований эксплуатационного и ремонтного характера может привести к системам с физически разделенными сетями для станционной и технологической шин (рис. 4).

Автоматизация подстанций с использованием стандарта IEC 61850

До сих пор автоматизация подстанций обычно организовывалась по принципу иерархии с отдельными станционным, щитовым и технологическим уровнями. Доминирующими в вертикальном обмене данными между этими уровнями традиционно являются отношения типа «клиент-сервер». Для выполнения автоматических функций типа блокировки обмен данными между равноправными узлами в пределах одного уровня осуществляется с помощью так называемых

1 Три уровня типовой системы автоматизации подстанций



GOOSE-сообщений (Generic Object Oriented Substation Event). Синхронные аналоговые выборки значений напряжений и токов передаются циклически. Новый стандарт IEC 61850 поддерживает весь этот обмен данными на всех уровнях подстанции.

Industrial^{IT} – новый образ мыслей

Революция в сфере информационных технологий породила огромные объемы данных, которые продолжают расти. Для различных пользователей эти данные представляют различный интерес. Например, информация, поступающая от системы автоматизации подстанций, может быть использована не только для дистанционного управления, но и в коммерческих целях, в числе которых эффективность использования производственных фондов.

Компания АББ поставляет системы автоматизации заказчикам из самых разных отраслей промышленности. Взаимное соединение этих систем является нелегкой задачей, которая может превратиться в еще более сложную, если, например, систему управления сетью от компании АББ потребуется соединить с системой для решения коммерческих задач от компании SAP. Точка зрения заказчика здесь хорошо известна – связь должна быть безупречной как для получения информации в реальном времени, так и для работы с бизнес-приложениями.

Все это требует должного объектного моделирования и соглашения о структуре связи, основой которой в Industrial^{IT} являются MMS и TCP/IP. Кроме того, поддерживаются различные высокоскоростные шины, идущие к удаленным устройствам ввода/вывода, датчикам и т.п. (рис. 2).

Аспектные модели

Все реальные объекты типа автоматических выключателей или двигателей в концепции Industrial^{IT} моделируются как аспектные (рис. 5). Аспектный объект содержит всю информацию, необходимую для управления локализованным реальным объектом в различных аспектах. Архитектура IIT предусматривает платформу интегратора аспектов AIP (Aspect Integrator Platform), которая позволяет устройствам обмениваться информацией, поступающей в реальном времени. AIP создает среду исполнения для совместимых с IIT приложений и включает в себя аспектный «каркас» (поддерживающий интегрирование аспектных систем и обеспечивающий соединения компонентов).

Структуры

Для отслеживания всех физических и технологических объектов на различных уровнях их детализации IIT выстраивает их в различные объектные структуры, соответствующие, например, логическому течению процесса, физической планировке оборудования или сети системы управления.

Функциональная структура показывает, где в функциональной среде находится конкретный объект.

Позиционная структура показывает, где объект находится в физической (географической) среде.

Структура системы управления показывает, где в конкретной системе управления можно найти программную функцию или аппаратное устройство.

Без особых сложностей можно также выстроить структуры под конкретных пользователей.

Уровни сертификации

АББ имеет действующую программу IIT-сертификации под названием Industrial^{IT} Enabling. Любой продукт может быть IIT-сертифицирован по одному из четырех уровней, следующих друг за другом. Благодаря этой программе существующие разработки могут постепенно превратиться в мир IIT-сертифицированного оснащения.

Уровень 0 – информация. Продукты, сертифицированные по этому уровню, представляют базовую аспектную информацию в общих электронных форматах. К информации относятся технические условия, чертежи, руководства, классификаторы продукции, сведения о кодировании и т.п.

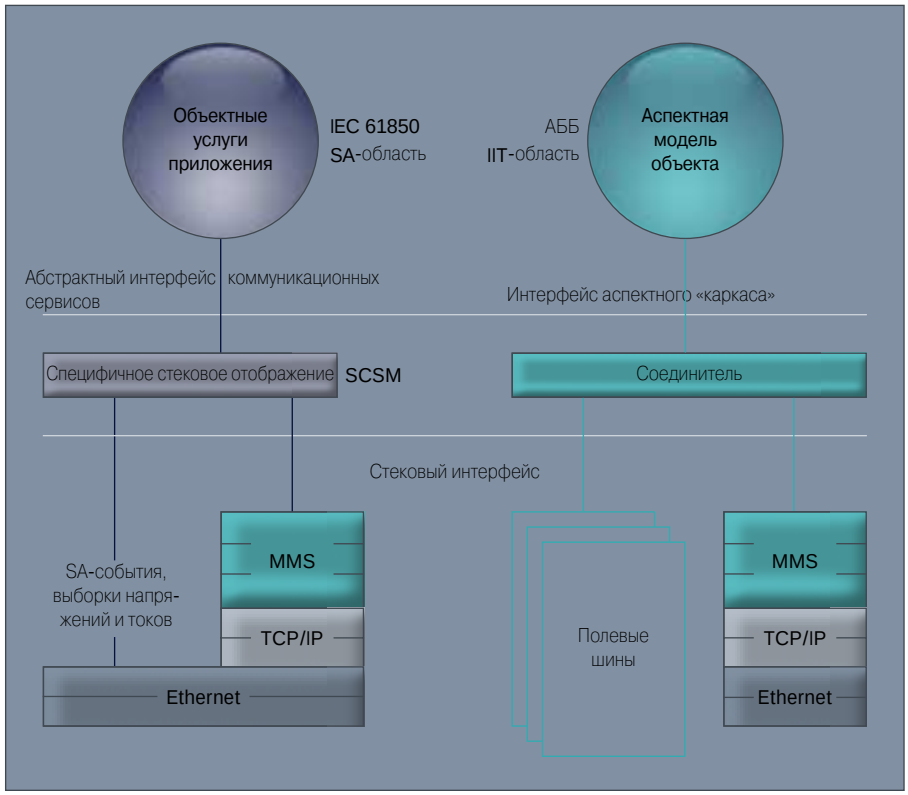
Уровень 1 – взаимодействие. Продукты, сертифицированные по этому уровню, могут быть соединены с другими IIT-сертифицированными продуктами с возможностью обмена базовыми данными.

Уровень 2 – интеграция. Продукты, сертифицированные по этому уровню, могут обмениваться с другим оборудованием более сложными данными (о состоянии, техническом обслуживании и т.п.).

Уровень 3 – оптимизация. Продукты, сертифицированные по третьему уровню, имеют расширенные аспекты и могут взаимодействовать с другими компонентами в целях оптимизации системы, в которой они работают.

IIT-сертификация продуктов гарантирует доступ ко всей необходимой информации, равно как и «неза-

2 Отделение приложения от коммуникаций: подход с позиций стандарта IEC 61850 (слева) и подход компании АББ с позиций Industrial^{IT} (справа)



метную» интеграцию этих продуктов в системы.

Industrial^{IT} и IEC 61850: гармония согласованности

Чтобы представить себе, насколько хорошо IEC 61850 и Industrial^{IT} согласуются друг с другом в области автоматизации подстанций, которой занимается компания АББ, полезно сравнить их ключевые элементы - типы устройств, коммуникационные характеристики, объектные модели, техническую информацию и правила сертификации.

Сеть связи в том виде, в каком она представлена в стандарте IEC 61850, представляет собой высокоскоростную локальную сеть (LAN) со всеми функциями управляющей IIT-сети. Исходя из этого, в целях сравнения предполагается, что стандарт IEC 61850 представляет собой сертифицированную управляющую сеть архитектуры Industrial^{IT}. Кроме того, предполагается, что все АББ-устройства в SA-системе отвечают как требованиям стандарта IEC 61850 в части взаимодействия, так и требованиям уровня 3 IIT-сертификации.

Типы устройств

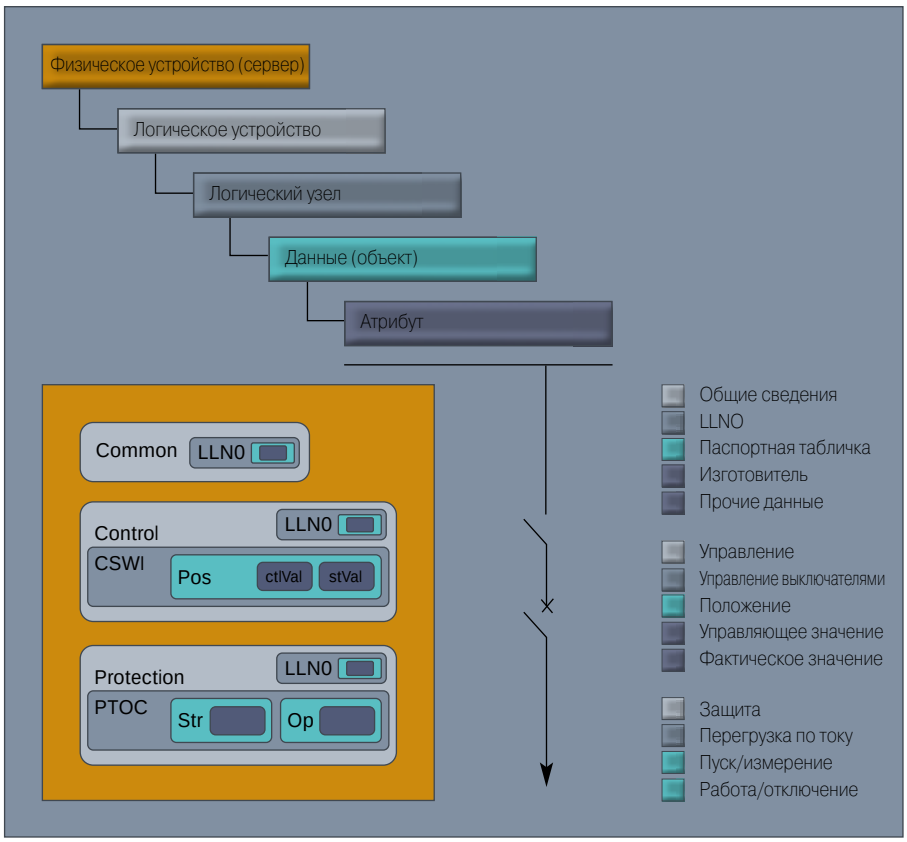
Устройства защиты, управления и мониторинга в SA-области в значительной степени соответствуют устройствам управляющей сети в области IIT. Сегодня существует тенденция отображать распределенные системы защиты, скажем, сборных шин, в виде одного устройства управляющей сети. В будущем, воспользовавшись стандартом IEC 61850, каждый компонент подобной системы можно будет отображать как отдельное устройство управляющей сети.

Коммуникационная структура и сервисы

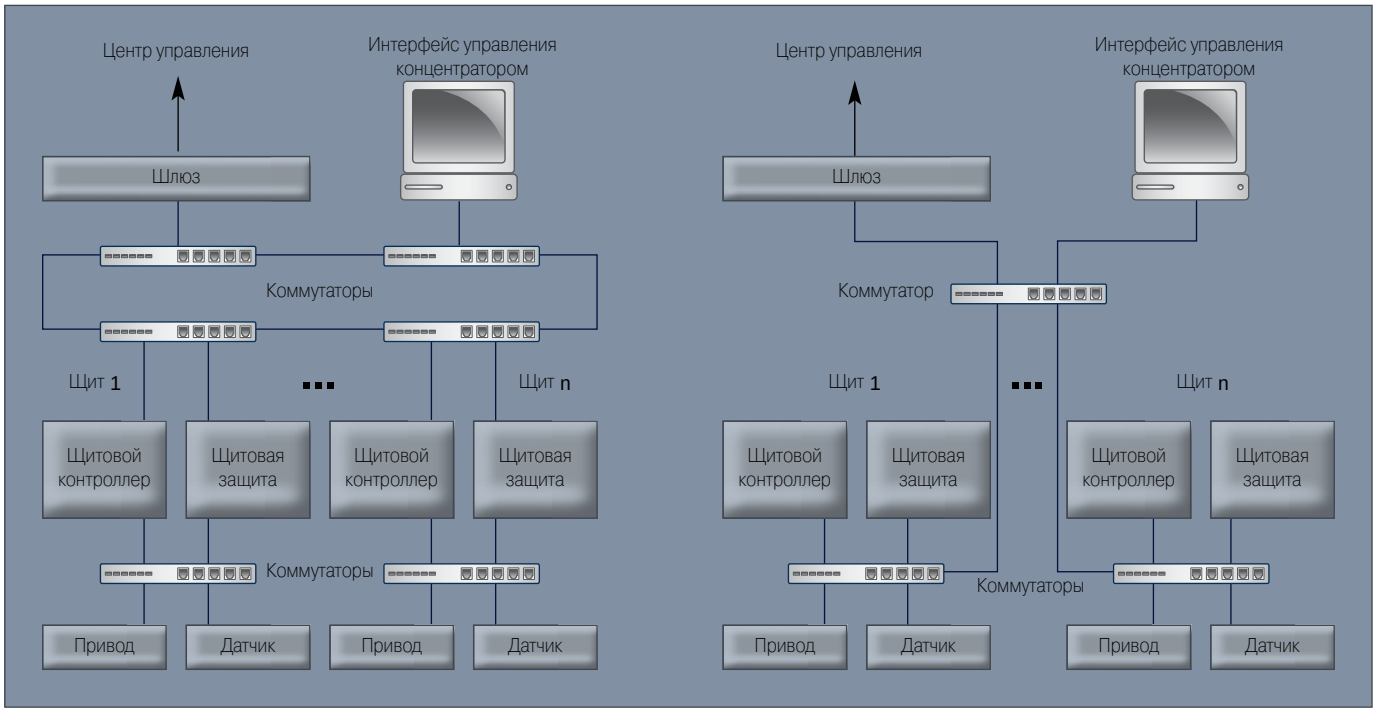
Industrial^{IT} определяет иерархию коммуникационных сетей, в которой друг за другом идут полевые шины, управляющая и серверная сети, а также сеть предприятия. По стандарту IEC 61850 коммуникации можно рассматривать с позиций двухуровневой сети, при этом один уровень является технологическим, а другой – станционным. Обе концепции позволяют объединять сети, то есть серверная и управляющая IIT-сети могут быть одной и той же сетью LAN, равно как и сети станционного и технологического уровней могут быть одной и той же сетью, охватывающей всю станцию. (Отметим, что поскольку стандарт IEC 61850 охватывает взаимодействующие коммуникации всей подстанции, в нем никоим образом не определяется интегрирование полевых шин.)

Коммуникационные структуры стандарта IEC 61850 и управляющей IIT-сети находятся в хорошем соответствии. Стеки являются идентичными вплоть до седьмого уровня, причем оба стека базируются на «TCP/IP по Ethernet» с MMS на вершине. Оговоренный в стандарте

3 IEC 61850 - модель данных и устройств



4 Примеры структур шин по стандарту IEC 61850
Отдельные или общие сети для технологической и станционной шины



IEC 61850 дополнительный уменьшенный стек, отображенный непосредственно на Ethernet-уровень, необходим для аппаратного информационного доступа (в реальном времени) к выборочным аналоговым величинам и происходящим в системе событиям. По эксплуатационным причинам эти данные не могут быть переданы через аспектный «каркас». Если они необходимы платформе интегратора аспектов API, они должны быть собраны и подготовлены к отправке устройством управляющей сети, после чего могут быть переданы на API в виде массива.

Над стеком седьмого уровня находится абстрактный интерфейсный и адаптационный уровень, отделяющий коммуникации от приложения. В стандарте ICE 61850 мы имеем интерфейс ACSI (Abstract Communications Services Interface) и адаптационный уровень SCSM (Specific Communication Services Mapping). В Industrial^{IT} мы имеем интерфейс аспектного «каркаса», а адаптационный уровень соответствует серверу-соединителю OPC (Object link embedded for Process Control). Наличие этих интерфейсов гарантирует, что коммуникационные изменения и/или дополнения на приложениях сказываться не будут. Они же подтверждают, что коммуникации по стандарту IEC 61850 и по Industrial^{IT} являются хорошо интегрированными.

Прикладные объектные модели

В стандарте IEC 61850 определена прикладная модель с физическими устройствами, логическими устройствами, логическими узлами, а также информационными объектами и атрибутами. Эта модель как нельзя лучше поддерживается аспектной моделью объекта в IIT-концепции, так как при наличии аспектной модели можно создать и, следовательно, многократно использовать для моделирования систем всю модель «логического узла» из стандарта IEC 61850.

Техническая информация

На уровне устройств для создания и конфигурации выполняемых прикладных функций в обеих концепциях есть специализированные инструменты. В IIT таким инструментом является так называемый Control Builder («изготовитель» средств управления), в то время как в SA-области сегодня существует несколько специализированных инструментов. Если SA-системы некогда были интегрированы в IIT, то в SA-области можно использовать Control Builder, однако потребность в специализированных инструментах для отдельных устройств в SA-области вряд ли отпадет, так как эти устройства будут также интегрированы в системы третьих сторон. То же самое можно сказать и об устройствах третьих сторон, интегрированных в АББ-системы.

Любое решение, созданное с использованием нового стандарта IEC 61850 в Idustrial^{IT}, обладает выраженными достоинствами для системной интеграции в области автоматизации подстанций.

Для технической поддержки систем стандарт IEC 61850 определяет язык SCL, состоящий из файлов описания характеристик как интеллектуальных электронных устройств (IED), так и подстанции. Эти файлы содержат описания всего, что в устройствах и подстанции связано с коммуникациями, при этом возможны расширения, обеспечивающие дополнительную поддержку при проектировании АББ-систем. Из этих файлов можно извлечь большинство определений, необходимых для аспектной системы. Например, файл опи-

сания IED определяет не только все функции устройства, но и те аспектные объекты, которые необходимы для системы. Файл описания подстанции содержит информацию, которая нужна для определения большинства иерархических IIT-структур, необходимых для SA-области, например, функциональной структуры, структуры продуктов и структуры коммуникаций. Содержащаяся в этих файлах техническая информация также может быть использована для более или менее автоматизированной конфигурации аспектных систем.

Для эффективного проектирования необходимо, чтобы все инструменты на уровне систем и устройств могли обмениваться технической информацией. Для этого обмена и предназначен язык SCL в том виде, в каком он определен в стандарте IEC 61850, поскольку должна быть обеспечена возможность интегрирования в систему устройств третьих сторон.

Уровни сертификации

Описанные выше четыре уровня сертификации гарантируют, что продукты соответствуют концепции Industrial^{IT}. В качестве гарантии соответствия стандарту IEC 61850 он предусматривает аттестационные испытания устройств для SA-области, и там, где в SA-области работает компания АББ, сертификация должна быть дополнена этими испытаниями. Иными словами, аттестационные испытания на соответствие требованиям стандарта IEC 61850 должны стать неотъемлемой частью IIT-сертификации и следующим образом расширить содержание формуляров соответствия:

Уровень 0 – информация. В стандарте IEC 61850 «паспортная табличка» информационного объекта поддерживает информацию уровня 0, которая заносится в память либо непосредственно, либо введением ссылки. В формуляре должно быть указано, что вся эта информация может быть получена из «паспортной таблички» SA-устройства.

Уровень 1 – взаимодействие. Для обеспечения уровня взаимодействия, определенного в Industrial^{IT}, должны быть проведены определенные аттестационные испытания на соответствие требованиям стандарта IEC 61850.

Уровень 2 – интеграция. Должны быть проведены дополнительные аттестационные испытания на соответствие стандарту IEC 61850. Кроме того, частично должна быть обеспечена техническая поддержка, основанная на оговоренном в стандарте IEC 6150 языке SCL.

Уровень 3 - оптимизация. Для выполнения всех применимых к SA-области требований технологии Plug & Produce («подключи и делай») должны быть проведены все аттестационные испытания на соответствие стандарту IEC 61850, а также должна быть обеспечена вся необходимая техническая поддержка.

Полная согласованность

Можно безоговорочно констатировать, что все ключевые элементы IEC 61850 и Industrial^{IT} хорошо согласуются друг с другом, и нет никаких особых препятствий на пути IIT-сертификации устройства, отвечающего требованиям стандарта IEC 61850. А в тех местах, где требуются некоторые поправки, обе концепции вполне позволяют их внести.

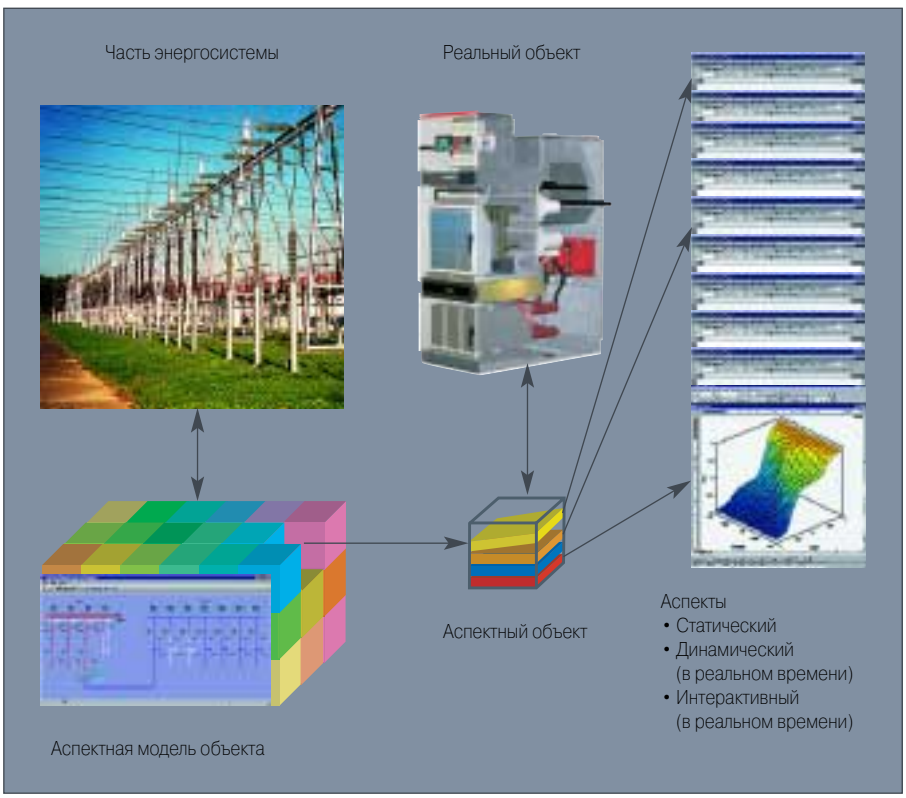
Любые требования Industrial^{IT}, которые выходят за рамки IEC 61850, относятся только к устройствам, которые выпускает компания АББ. Устройства, выпускаемые другими производителями и соответствующие стандарту IEC 61850, могут быть легко и просто интегрированы в IIT через определенную в этом стандарте сеть, а отсутствующая на уровне 0 информация может быть добавлена, например, системным сервером.

Существуют три области, в которых требуются некоторые доработки:

- Использование определения языка SCL для охвата всей технической поддержки, необходимой для Industrial^{IT}, и подготовка типов аспектных объектов для всех типов SCL-объектов.
- Внедрение языка SCL в инструменты Industrial^{IT} и автоматизация работы с этим языком.
- Внесение во все необходимые сертификационные формуляры соответствия изменений, которые будут учитывать все требования стандарта IEC 61850.

Любое решение, созданное с использованием нового стандарта IEC 61850 в Industrial^{IT}, обладает выраженными достоинствами для системной интеграции в области автоматизации подстанций. Например, IIT дополняет IEC 61850 в плане удаленных взаимных соединений. Со своей стороны IEC 61850 дополняет IIT в плане интегрирования продуктов третьих сторон в SA-области. В частности, техническая поддержка, обеспечиваемая двумя концепциями, значи-

5 Примеры аспектов для объектов подстанции



тельно повышает эффективность деятельности компании АББ в сфере разработки SA-систем. Как для АББ – системного интегратора, – так и для наших заказчиков - пользователей систем, – согласованность этих концепций очень важна, так как в SA-области, как показывает опыт, есть насущная необходимость интегрирования продуктов третьих сторон во многие системы.

Теперь на вопрос, поставленный в начале статьи, можно ответить следующим образом: Industrial^{IT} дает заказчикам дополнительную возможность максимального использования международных стандартов. При этом применительно к SA-области это не только возможность выбора и комбинирования элементов из стандарта IEC 61850 и решений на базе Industrial^{IT}. Гораздо важнее то, что обе концепции дополняют друг друга в ключевых областях, поэтому фактическая сумма двух слагаемых оказывается больше ее арифметического значения.

Ларс Андерссон
ABB Switzerland Ltd
High Voltage Products
CH-8048 ZЯrich
lars.andersson@ch.abb.com

Клаус-Петер Бранд
Петра Рейнхардт
ABB Switzerland Ltd
Utility Automation Systems
CH-5400 Baden
klaus-peter.brand@ch.abb.com
petra.reinhardt@ch.abb.com

Литература

[1] www.iec.ch
[2] www.abb.com/industrialit

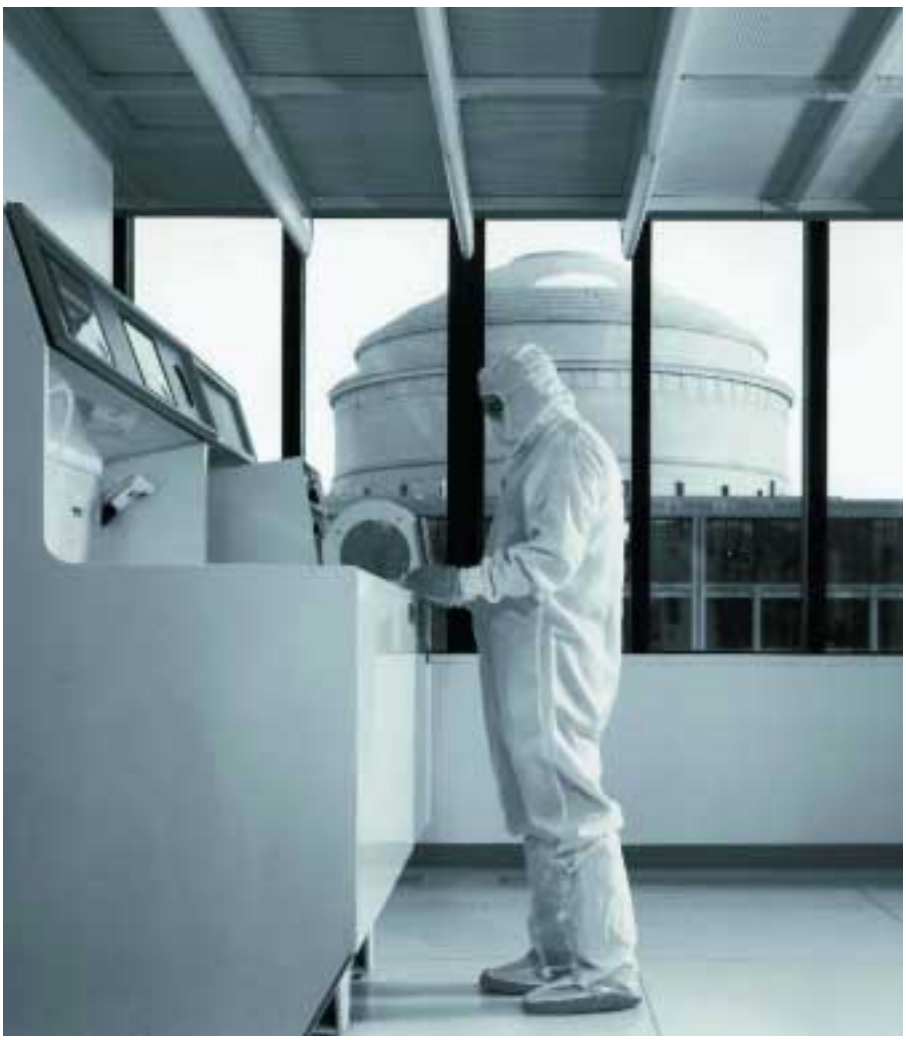
Кремниевые микроструктуры для микроэлектромеханических реле

Электромеханические реле обычно имеют большие размеры и высокое энергопотребление. Поскольку другие подобные устройства, например, электронные лампы, уже давно подверглись миниатюризации, почему не смасштабировать реле?

Массачусетский технологический институт и компания АББ объединили свои усилия для решения именно этой задачи. В результате были сделаны реле с тепловым и электростатическим приводом. Чрезвычайно актуальным является применение таких реле в устройствах автоматики и распределения электроэнергии.

Автоматика нуждается в миниатюризации

Каждый год миллионы стандартных электромеханических реле встраиваются в устройства автоматического управления в качестве устройств ввода-вывода. Но обычные реле имеют относительно большой размер. Фактически, они могут занимать до 80% места на печатных платах. Для коммутации таких реле требуется приблизительно 150 мВт, и эта мощность должна обеспечиваться дополнительными питающими схемами, для которых также требуется свободное пространство. Из-за этого изделие с большим количеством реле становится очень расточительным с точки зрения потребления энергии и занимаемого места. Соответственно, существует необходимость в устройстве, более эффективном в этих аспектах.



Одним из вариантов решения проблемы, которым занимаются исследователи из АББ, является микроэлектромеханическое реле (МЭМС). В последние годы значительные усилия были предприняты для изучения микромеханических систем, в том числе микромеханических реле. Большая часть этих исследований, однако, фокусировалась на коммутации сигналов в аппаратуре связи. В исследовательских работах компании АББ основное внимание, помимо прочего, уделялось новой задаче – созданию возможности коммутации относительно больших мощностей, например, в устройствах управления.

Микромеханические реле обеспечивают ряд преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими реле. Они имеют небольшой размер, очень малое время коммутации и, при срабатывании от электростатического воздействия, потребляют при переключении очень небольшую мощность. По сравнению с полупроводниковыми устройствами, например транзисторами, реле имеют преимущество в высоком сопротивлении в разомкнутом состоянии. Оно обусловлено гальванической изоляцией, которая обеспечивается воздушным промежутком между электрическими контактами реле. Поэтому даже при больших напряжениях обеспечивается хорошая изоляция.

Для решения проблемы коммутации большой мощности с помощью микромеханического реле было выбрано два разных пути. Один подход заключается в разработке микромеханического реле, способного переключать нагрузки с напряжениями до 240 В и токами до 2 А. Другой – в исследовании возможности группировки большого количества микрореле в последовательные и параллельные сети для обеспечения большей мощности.

Сотрудничество АББ и МТИ

Компания АББ в настоящее время ведет совместно с Массачусетским технологическим институтом (МТИ) работу над проектом разработки нового микрореле,

Травильная машина технологии DRIE.

способного коммутировать сигналы ввода-вывода в устройствах автоматизации. Компания АББ может гордиться многолетней традицией успешного сотрудничества с университетами по проектам, которые обычно дополняют текущие исследовательские работы компании. Целью кооперации с университетами является создание сети, «открывающей» новые интересные технологии для АББ, сокращение сроков разработки благодаря объединению исследовательских коллективов, а также прием на работу и обучение новых людей. Многие совместные проекты создаются, например, когда менеджеры по исследовательской деятельности компании встречаются с университетскими профессорами для обсуждения способов достижения этих целей. Одним из таких проектов и является совместный проект АББ-МТИ в области микроэлектромеханических систем (МЭМС).

Данный совместный проект направлен на конструирование микроэлектромеханического реле с относительно высокой коммутируемой мощностью: напряжением 240 В и током 1-2 А. Это амбициозная задача, решение которой потенциально может перевести конструкции реле с макроскопического на микроскопический уровень.

МТИ многие годы является лидером МЭМС-технологий. В настоящее время внимание существенным образом сфокусировано на процессах глубокого ионного реактивного травления (DRIE) и сращивания кремниевых (Si) пластин. Ученые компании АББ вносят вклад в разработку МЭМС-реле и выполняют электрические испытания, в основном, для выяснения возможности применения этих реле в изделиях АББ.

МЭМС сочетают микромеханику и микроэлектронику

Сложно представить себе механические устройства столь малые, чтобы человеческий глаз не мог их рассмотреть. Устройства, в которых гравитационные и инерционные силы теряют значение, а доминируют атомные силы и поверхностные явления. Это – восхитительный мир МЭМС, мир интегрированных систем, сочетающих электрические и механические компоненты на микроскопическом уровне.

Создание интегральных микросхем более 40 лет назад инициировало кремниевую революцию, оказавшую влияние почти на все сферы нашей жизни. Создание МЭМС – это следующий логический шаг этой революции, поскольку оно позволит встраивать в микросхемы новые функции. Помимо новой функциональности, возникает превосходство в большей экономичности, меньшем расходе материалов и большей надежности.

МЭМС-устройства имеют множество преимуществ перед ныне существующими устройствами, выполняющими те же функции. Они могут иметь настолько малые размеры, что на пространстве, занимаемом одним макро-устройством, смогут разместиться сотни микроскопических.

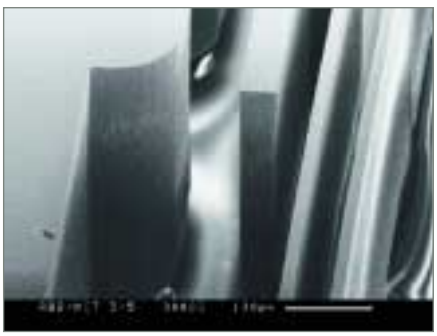
При этом отпадает надобность в неуклюжих электрических компонентах, поскольку электроника может быть встроена непосредственно в МЭМС. Такая интеграция сулит также меньшую подверженность электрическим шумам - эта особенность позволит повысить точность и чувствительность датчиков.

Возможно изготовление сотен таких устройств на одной пластине с помощью процессов изготовления микросхем. Такое массовое производство резко снижает цену отдельных устройств. Таким образом, микроэлектромеханические устройства могут стать значительно дешевле своих аналогов из макромира.

Примеры преимуществ, которыми располагает МЭМС, можно найти в повседневной жизни. Резкое увеличение количества измерительных и управляющих функций в автомобилях, например, связано в большой степени с низкой стоимостью датчиков давления и ускорения, построенных на технологии МЭМС. Сегодняшние навигационные системы, хотя и полагаются на сложные спутниковые системы, были бы невозможны без гироскопов-МЭМС, выполняющих роль инерциальных датчиков, которые ведут нас нужным курсом. Еще один хороший пример – струйный принтер. Эти доступные по цене принтеры создают изображения почти фотографического качества по минимальной цене. Снижение стоимости обеспечено, в первую очередь, печатающей головкой, построенной по технологии МЭМС. Вот всего несколько примеров. А на подходе уже множество других вариантов применения!

Бистабильный движущийся механизм

Конструкция микрореле АББ-МТИ основывается на гибкой двойной пластине и двух контактах. Предва-



Микроструктура, полученная с помощью технологии DRIE

Замкнутый контакт

рительно изогнутая двойная пластина механически бистабильна и совершает поперечное движение в плоскости кремниевой пластины. Контактная площадка закреплена на двойной пластине с помощью консольной балки. Когда двойная пластина находится в положении, полученном при травлении, два контакта под поперечиной не замкнуты. Реле выключено.

Двойная пластина имеет второе стабильное положение, в котором она может покоиться при отсутствии контактов. Однако в силу того, что между двумя устойчивыми положениями расположены контакты, двойная пластина в действительности останавливается после отклонения (контактная площадка замыкает два контакта с приложением силы, чем обеспечивается низкое сопротивление контактов).

В реле имеется гибкая пружина для уравновешивания сил на контактах при замыкании реле, которая гарантирует, что возникающие при производстве отклонения в форме двойной пластины не приводят к дисбалансу сил на контактах. Низкое сопротивление контактов, обычно около 250 мОм позволяет достигать токов во включенном состоянии до 1,5 А. В разомкнутом состоянии реле может выдерживать напряжение до 200 В. Размеры реле, имеющего толщину пластины (300 мкм), в нынешнем виде составляют 5 мм в длину и около 0,5 мм в ширину.

Электростатические приводы, обеспечивающие большие усилия

Хотя бистабильный подвижный механизм требует приложения энергии только при переключении из одного положения в другое, существуют и другие преимущества использования маломощного привода. Электростатический привод подходит на эту роль. Принцип его работы основан на притяжении зарядов разной полярности. Когда тонкая и гибкая консоль заряжается с одним знаком, а расположенный рядом электрод – с противоположным, на консоль действует сила, изгибающая ее в сторону электрода. Если сила достаточно велика, консоль может даже коснуться электрода. Чтобы в таком случае не произошел разряд, либо консоль, либо электрод должны быть покрыты изоляционным слоем. Конец консоли нажимает на Н-образный брус, который связан с механизмом перемещения двойной пластины (см. рис. на этой странице).

Для запуска, однако, требуется высокое напряжение срабатывания для преодоления жесткости в пусковой зоне электрода. Поэтому в этой зоне была создана тонкая, очень податливая консоль, которая притягивается к соответствующей балке электрода при низком напряжении. Когда контакт замыкается, она становится значительно жестче и оставляет очень малый зазор. После этого происходит «защелкивание», при котором привод дает такую же зависимость «сила-отклонение», как и обычный консольный привод, но при меньшем напряжении.

Включение достигается при напряжении срабатывания в 85 В (когда было сконструировано подобное устройство без податливой пусковой зоны, напряжение срабатывания составило 160 В). После срабатывания требуется приложение разности потенциалов в 100 В для достижения силы в 3 мН при смещении в 80 мкм. Следующим этапом будет проведение испытания под нагрузкой для проверки коммутационной способности реле.

Электростатический привод

Ральф Штрюмплер
Сами Котилайнен
Жан-Эннинг Фабиан
Петра Клюге-Вайсс
Corporate Research
ABB Switzerland
ralf.struempler@ch.abb.com

Проф. Джеффри Ланг
Массачусетский технологический институт
Лаборатория электромагнитных
и электронных систем
lang@mit.edu

Проф. Алекс Слокум
Цзинь Цю
Цзянь Ли
Массачусетский технологический институт
Исследовательская группа точной механики
slocum@mit.edu

Управление производством и энергопользованием: современные методы оптимизации в действии

Экономичное использование энергии является приоритетной задачей в энергетической отрасли и в отрасли автоматизации производства. Чтобы помочь компаниям оптимизировать потребление энергии, концерн АББ при поддержке Федерального технологического института Швейцарии (ETH Zurich) разработал современную систему управления энергопользованием. Преимущества ее применения на цементном заводе уже были продемонстрированы.

Рыночная ситуация сегодняшнего дня очень сложна для некоторых компаний. С одной стороны, либерализация рынка привела к снижению прибыли. В то же время, компании вынуждены уделять значительное внимание постоянно ужесточающимся экологическим требованиям, нацеленным на экономное потребление энергии. Вследствие этого сложилась ситуация, в которой владельцы заводов вынуждены быстро реагировать на меняющиеся условия, при этом зачастую им необходимо удовлетворить противоречащие друг другу требования.

Оптимизация работы производства требует наличия точных прогнозов ожидаемого спроса и цен, а их предсказать сложно. Планирование сложных процессов в промышленности часто приводило к использованию программ, неспособных решить математические задачи в разумные сроки. Это может повлечь за собой создание графиков, не отражающих действительное положение дел при работе в реальном времени.

В качестве ответа на этот вызов компания АББ поставила задачу при поддержке Швейцарского федерального технологического института, исследовать возможность разработки средства поддержки принятия решений. Спустя три года современный инструмент эконометрической оптимизации промышленных процессов был создан. При эконометрической оптимизации количественно оценивается и явным образом оптимизируется экономическая отдача предприятия в зависимости от располагаемых ресурсов и ограничений в работе.

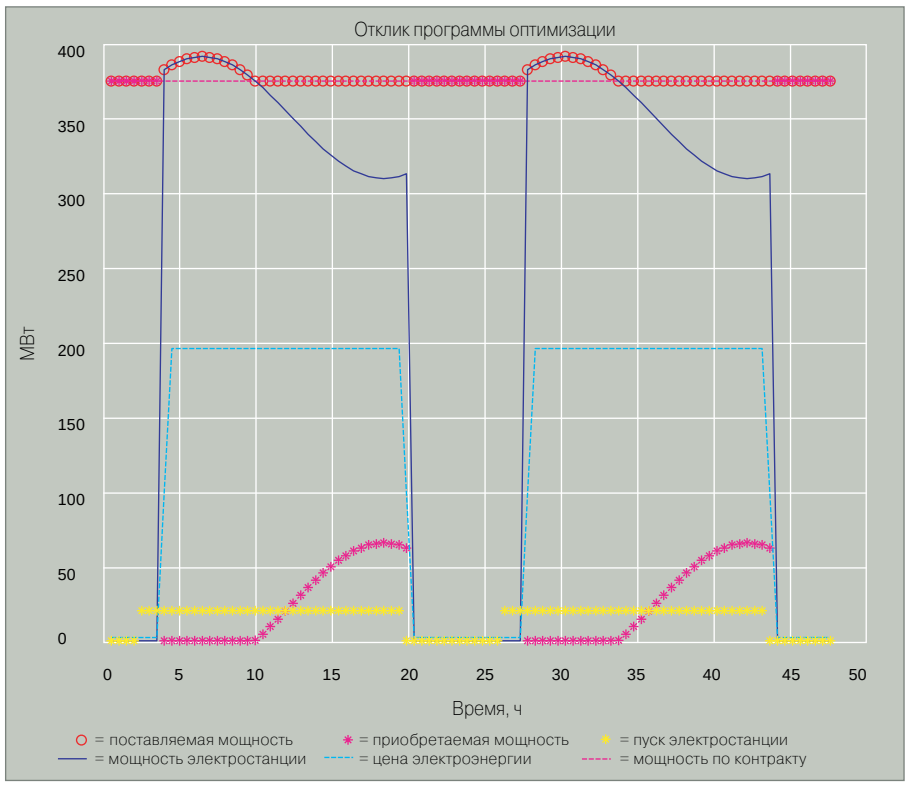
Данный прорыв в оптимизации процессов стал возможен благодаря трем основным достижениям:

- Недавнее оформление методов гибридного моделирования систем и управления с помощью прогнозирующих моделей обеспечили универсальный базис для эффективного моделирования сложных промышленных систем и управления ими [1].
- Прогресс в технологии частично-целочисленного программирования привел к эффективным и надежным решениям.
- Инициатива компании АББ по внедрению технологии Industrial^{IT} позволила реализовать полную интеграцию информации, поступающей с разных уровней промышленного процесса.

Итогом сотрудничества ABB-ETH стала возможность моделирования сложного предприятия таким образом, что получается истинное представление гибкости деятельности предприятия. Это подразумевает моделирование некоторых управляемых переменных завода в виде дискретных величин, например, выключателя в положении «вкл-выкл», а таких переменных, как давление и температура – в виде непрерывных значений. В модель также могут быть включены логические ограничения на состояния систем (например, пар может подаваться только в том случае, если бойлеры были включены в течение некоторого промежутка времени). Дополнительно к своей основной функции – эконометрической оптимизации в долгосрочном периоде – этот устойчивый метод может оптимальным образом реагировать на краткосрочные отклонения от исходного графика.

Что выигрывает промышленность

Выгоду от применения эконометрической оптимизации управления энергопользованием можно продемонстрировать на примере двух промышленных процессов: выработки электроэнергии с комбинированным циклом и производства цемента.

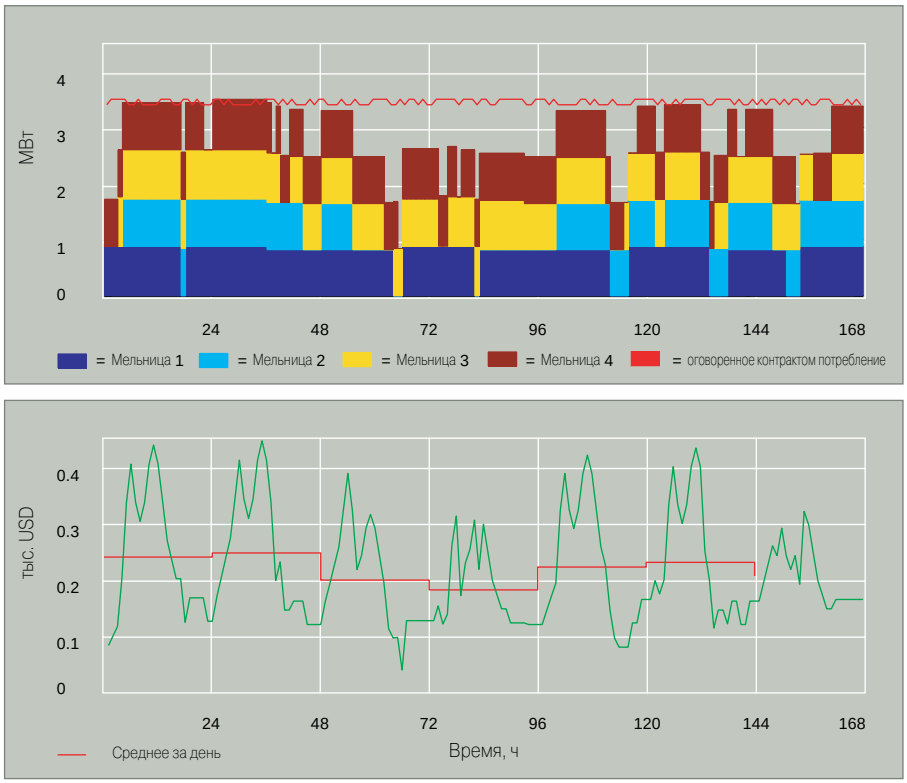


Типичный результат планирования с применением эконометрической оптимизации для электростанции с комбинированным циклом

В своем простейшем виде электростанция с комбинированным циклом включает в себя газовую турбину, парогенератор с утилизацией тепла и паровую турбину. Эксплуатация такой станции заключается в принятии решения, когда её необходимо включить, какое топливо использовать и какое соотношение тепловой и электрической энергии необходимо выдерживать. Эти решения, в первую очередь, регулируются экономическими соображениями. Взяв прогнозы цен на топливо и цен, по которым можно продать электрическую или тепловую энергию, за исходные данные, аппарат эконометрической оптимизации дает на выходе оптимальный график работы электростанции с указанием, когда должны запускаться газовая и паровая турбины и какой уровень производства следует выбрать (см. рис. на стр. 47). Для этого аппарат оптимизации количественно определяет способ превращения исходного топлива в электрическую и тепловую энергию с учетом практических ограничений. Модель была расширена и включает такие аспекты, как стоимость пуска, останова и амортизации.

На последней стадии производства цемента клинкер измельчается с добавками для получения цемента. Различный химический состав смеси приводит к получению разных типов цемента, которые хранятся в отдельных хранилищах до момента упаковки и отправки заказчикам. Составление графиков работы цементного завода базируется на решениях о производстве определенных сортов цемента и выборе мельницы. Помимо этого, во внимание должны приниматься различные эксплуатационные ограничения, как то: продолжительность работы мельницы не может быть сколь угодно короткой, время запуска является фиксированной величиной, а переход с одного типа цемента на другой занимает определенное время.

На основе прогноза потребительского спроса и стоимости энергии в качестве исходных данных процедура эконометрической оптимизации вырабатывает ориентировочный график работы завода, при этом гарантируется соблюдение оговоренных контрактом пределов потребления электроэнергии (см. рис. на этой странице). Более того, система реагирует на непредвиденные события, например, отказы элементов или внеплановые заказы, изменением объемов производства по оптимальному профилю.



Оптимизированный ориентировочный график работы цементного завода (вверху), соответствующие ему прогнозные издержки на производство (зеленая кривая, внизу)

Прогнозирование спроса

Компания АББ продолжает совершенствовать описанный метод. Постоянно отслеживаются индикаторы будущего спроса с применением сложным статистических методов. Выбранные переменные-индикаторы (например, спрос в прошлом периоде, планируемый объем производства и простои, метеорологические данные, выходные дни и т.д.) проходят предварительную обработку, фильтруются и обрабатываются с помощью современных регрессионных моделей (например, нейронных сетей) для получения прогноза спроса на каждый час на период нескольких дней.

Д-р Андреа Понсе
Corporate Research
ABB Switzerland
andreas.poncet@ch.abb.com

Проф. Манфред Морари
Лаборатория автоматического управления
Федеральный технологический институт
Швейцарии (ETH Zurich)

Литература

[1] A. Bemporad, M. Morari: Control of systems integrating logic, dynamics and constraints. Automatica 35: 407–427, 1999.

В конкурсе инноваций победил газовый расходомер на основе микродатчика

Профессиональная ассоциация более чем 400 компаний и исследовательских учреждений, работающих в сфере разработки датчиков, AMA Fachverband für Sensorik, присудила премию за инновации 2003 года группе ABB Corporate Research в Швейцарии за твердотельный расходомер для газов.

Соперничество за получение этой премии было особенно агрессивным, на конкурс представлялись достижения из всех областей в сфере разработки датчиков. В действительности не менее трех коллективов представили выдающиеся работы, поэтому жюри приняло решение разделить премию между ними. Было решено, однако, что поскольку «победители явно опережали двух оставшихся лидеров», львиная доля суммы премии должна перейти команде из АББ. Премия была вручена в мае на выставке Sensor 2003.

Новое изделие революционно. Оно сможет заменить привычные (но громоздкие и неточные) сильфонные расходомеры бытового газа, которые используются человеком уже в течение века. Твердотельный расходомер газа десятилетиями был мечтой газовых компаний, но до настоящего времени ею и оставался. Искусное применение самых современных микроэлектромеханических КМОП-датчиков теперь позволило эту мечту реализовать. В основе нового расходомера лежит технология, разработанная совместно с компанией Sensirion, отделившейся от университета быстроразвивающейся компании из Цюриха, мирового лидера в области КМОП-датчиков.

Принцип работы

Так называемый тепловой датчик массового расхода состоит из закрытой диафрагмы, где датчики температуры расположены между специальным образом изготовленных ненапряженных слоев диэлектрика. Интегрированный в конструкцию резистор обеспечивает подвод тепла. Датчики измеряют температуру газа до и после прохождения через нагреватель. Степень нагрева газа указывает на скорость потока. Такой метод по своей природе не требует поправок, и при этом обладает множеством преимуществ, таких как отсутствие температурной зависимости, ухода показаний с течением времени, а также вид сигнала, идеально подходящий для обеспечения высокой чувствительности и т.д.

Сам принцип не нов, но компания АББ в сотрудничестве с Sensirion смогла успешно изготовить интегрированный датчик по промышленной КМОП-технологии и оптимизировать всю систему для достижения уникального динамического диапазона, низкого энергопотребления и превосходной долговременной стабильности.

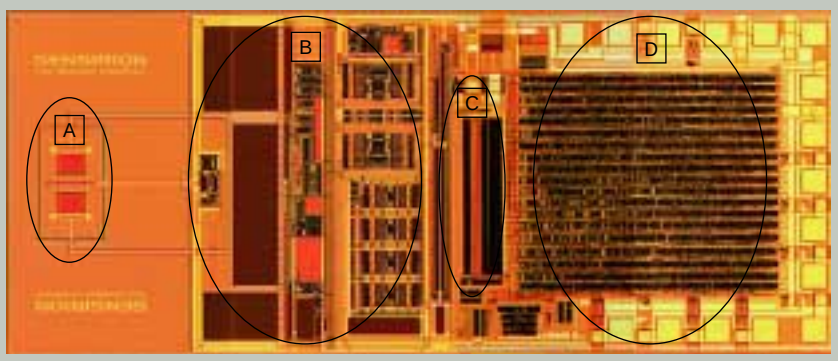
Наиболее прогрессивными особенностями микросхемы являются встроенные аналоговые и цифровые схемы аналогово-цифровых преобразований, усиления, линеаризации и температурной компенсации. Дополнительно размещенное на датчике ЭСППЗУ позволяет буферизовать результаты измерений и хранить таблицы данных для калибровки.

Новый расходомер построен в виде конструкции с байпасом. Для получения линейной характеристики измерения течение потока оптимизировано с применением теоретических моделей и вычислительной гидродинамики. Через байпас и сенсор пропускается менее 1% газа. Это позволяет достичь диапазона измерения – соотношения наибольшего к наименьшему расходу, измеримому с погрешностью не более заданной – более 250:1 (мембранные расходомеры обычно обеспечивают 160:1). Поскольку заполненный газом объем очень мал, конструкцию легко приспособить для применения в условиях высоких температур и давлений.

Новое устройство полностью статично (не имеет движущихся частей) и может иметь весьма малые размеры. Кроме того, система в целом (микросхема и датчик) потребляет всего 4 мкА в «спящем режиме» и не более 3 мА в режиме измерения. Короткий рабочий цикл обеспечивает продолжительность работы от одной литиевой батареи C-cell более десяти лет.

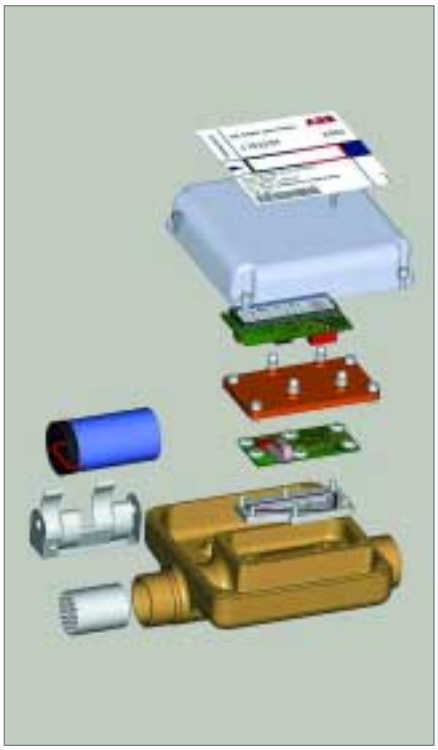
Калибровка

Хотя форма кривой измерения для различных датчиков одинакова, каждый экземпляр имеет свои особенности, поэтому его необходимо калибровать. Калибровочные данные сохраняются в ЭСППЗУ. Необходимо отметить, что при калибровке не требуется механической регулировки. После автоматической калибровки расходомера сигнал датчика необходимо адаптировать под природный газ. После установки расходомера в систему подачи природного газа процедура компенсации вносит поправки на меняющийся состав газа для поддержания погрешности сигнала датчика в пределах 1%. Датчик отображает общий объем (с поправкой на давление и температуру), а также способен показывать расход. Он также индицирует факт вмешательства в работу датчика, показывая, наблюдался ли контакт с воздухом.



Микросхема датчика (2,9 x 5,9 мм); видны датчик (A), аналоговые и цифровые схемы (B, D) и энергонезависимая память (C) (Фото: Sensirion)

Газовый расходомер для полевых испытаний



Детали расходомера

Устройство предусматривает простую сборку при массовом производстве (см. рис) и вполне конкурентоспособно с традиционными датчиками по цене.

Один из первых образцов работает в реальных условиях с конца 2001 года, и никаких явлений старения пока не обнаружено. Начаты полевые испытания большего количества расходомеров. В них будет также испытана автоматическая система регистрации показаний – электронный датчик с легкостью оснащается интерфейсом для этой цели. Оснащение датчика интерфейсом IrDA, ScanReader или радиоканалом увеличит его стоимость менее, чем на 10 евро.

Даниель Маттер
Томас Кляйнер
Бит Кремер
Бруно Саббатини
Corporate Research
ABB Switzerland
daniel.matter@ch.abb.com

Модернизация системы управления цементным заводом на базе Industrial^{IT}

Когда цементная компания восточной провинции (EPCC) решила, что пришло время модернизировать ее систему управления, она стала искать систему, которая могла бы обеспечить максимальную эффективность в сочетании с самой высокой надежностью. В неменьшей степени компанию заботили стандартизация и взаимозаменяемость компонентов, равно как и желание обладать простой в использовании системой, созданной по последнему слову техники. Выбор пал на компанию АББ с ее платформой Industrial^{IT}, которая наилучшим образом отвечает перечисленным требованиям.

В Саудовской Аравии компания EPCC является одним из ведущих ближневосточных производителей цемента и одним из крупнейших изготовителей обычного портландцемента, сульфатостойкого портландцементного клинкера и цемента. Завод очень удачно размещен вдоль берега Аравийского залива и находится в 65 километрах от Аль Джубаила – одного из крупнейших портов страны, из которого удобно осуществлять экспортные поставки во многие страны Европы.

Для этого завода, который был введен в эксплуатацию в 1984 году, компания АББ поставила все электросистемы и системы управления Procontic DP800 и DP1500. За годы своего существования завод неоднократно модифицировался, в том числе и с привлечением компании АББ, что позволяло ему продолжать надежно и эффективно работать и удовлетворять растущий в регионе спрос на цемент.

Почему Industrial^{IT}?

На двадцатом году эксплуатации для этих надежных, но морально устаревших систем управления, стало трудно находить запасные части, да и время простоя в периоды технического обслуживания этих систем стало возрастать. А поскольку спрос на цемент продолжал расти, руководство EPCC решило, что пришло время полной модернизации системы управления.

Главная цель проекта модернизации состояла во внедрении открытого решения, в котором использовались бы самые последние технологии автоматизации в цементной промышленности. Все технологическое управление необходимо было интегрировать в одну платформу с отвечающими промышленным стандартам коммуникациями и избавиться от необходимости разрабатывать специализированные интерфейсы для оборудования третьих сторон. Кроме того, для обеспечения максимально возможной эксплуатационной готовности оборудования необходимо было оптимизировать его техническое обслуживание, то есть ускорить поиск неисправностей и упростить обновления. Решение «под ключ» должно было быть простым в использовании и на всех уровнях предприятия обеспечивать необходимой информацией тех, кому она нужна, и именно тогда, когда она нужна. Еще одним принципиальным требованием была минимизация времени простоя завода в периоды выполнения всех работ по модернизации системы.

Выполнить столь ответственную работу могла лишь компания, уже знакомая с заводской системой управления. После консультаций с английской фирмой WS Atkins, Ltd. руководство EPCC решило, что двадцатилетнее сотрудничество с компанией АББ в сочетании со всеми преимуществами ее платформы Industrial^{IT} не оставляет иного выбора для разработки и реализации проекта модернизации системы управления оборудованием завода.

Специализированное решение

Местное отделение АББ в Саудовской Аравии сформировало проектную бригаду, которой предстояло заняться множеством вопросов, связанных с управлением производственными фондами. Среди этих вопросов были избавление от всего устаревшего, улучшение эксплуатационных характеристик на всех уровнях и усовершенствование всего процесса принятия решений за счет интеграции информационных потоков от рабочих мест до зала заседания руководства завода.

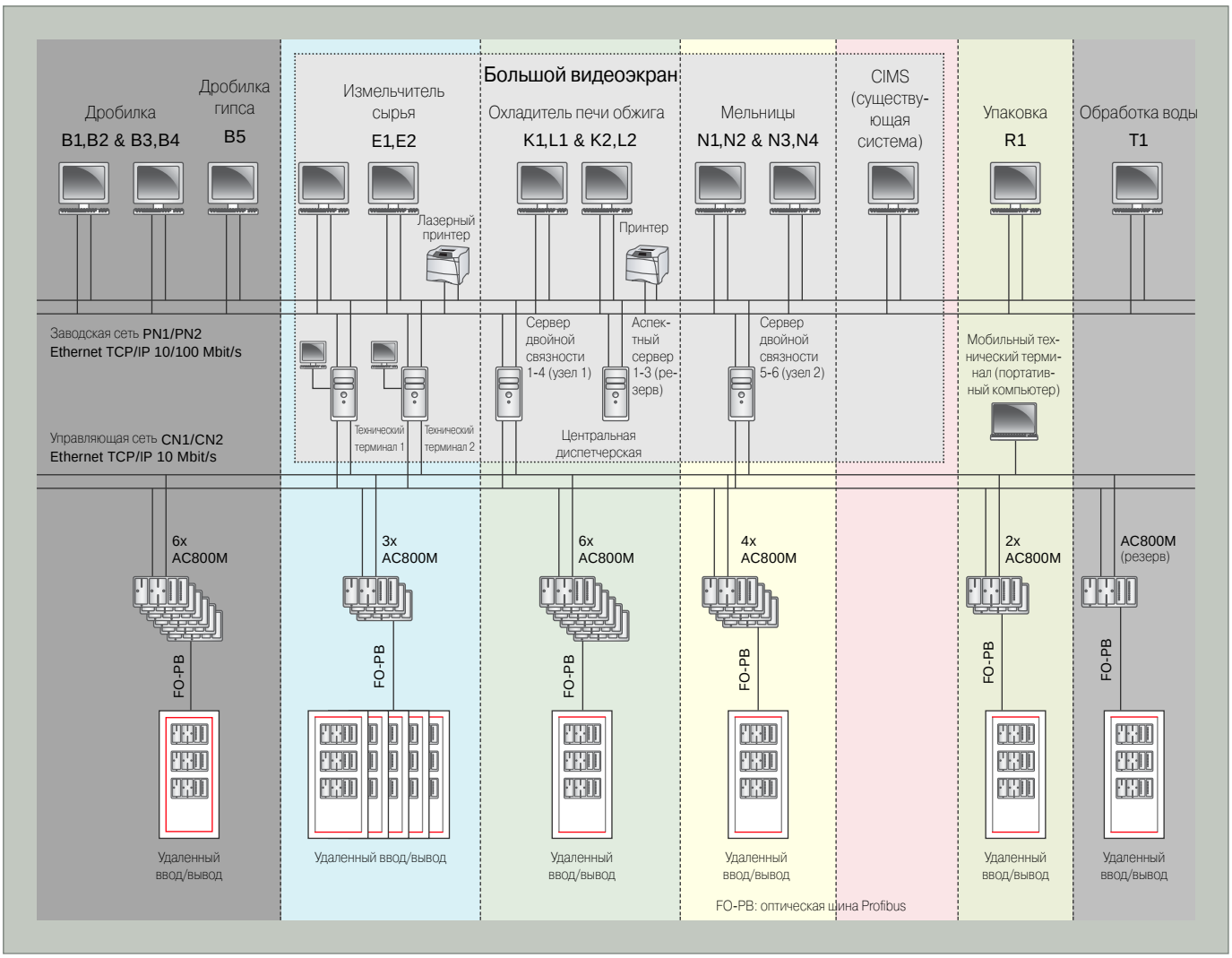
С компанией АББ были заключены контракты на поставку большей части требуемого для реализации проекта оборудования, относящегося к местному и дистанционному управлению, системе управления для обеих линий производства цемента, семи бункеров и установок выгрузки, модернизированной управленческой информационной системы с приложениями из сферы электронной коммерции и архитектурой «клиент-сервер», дистанционной и самодиагностике, серверам горячего резервирования и зеркальным серверам, крупной системе видео- и промышленного телевидения (включающей надзор за ходом производства), а также плазменным экранам и технологии цифрового видео.

В дополнение к заново смонтированной центральной диспетчерской 12 ранее существовавших аппаратных были заменены пятью меньшими с подчинением центральной диспетчерской. Сегодня оснащение новой центральной диспетчерской обеспечивает мониторинг всего завода, управление дробилками и системами транспортировки сырья, печами обжига, хранилищем клинкера, измельчением цемента вплоть до подачи его в цементные бункеры, дроблением гипса, хранением и транспортировкой. Для дробилок была установлена новая система управления и мониторинга.

Вся топология сети была разработана компанией АББ с прицелом на то, чтобы «незаметно» и надежно встроить ее в существующую архитектуру завода. Оптимизируя затраты, топологию составили с применением стандартных сетей типа Ethernet (TCP/IP, стандарт IEEE 802.3) и технологий высокоскоростных шин цифрового технологического оборудования (Profibus). В результате была обеспечена интеграция с системами третьих сторон и ранее поставленными АББ-системами, например, с системой управления информацией цементного завода (CIMS), введенной в действие в 1999 году.

Основу платформы автоматизации EPCC составляют резервная управляющая (TCP/IP) и резервная заводская (TCP/IP - «клиент-сервер») сети, в составе которых аспектные серверы Control[IT], разработанные компанией АББ, серверы двойной связности, контроллеры AC800M и системы ввода/вывода S800. Устройства ввода/вывода, находящиеся в удаленных периферийных центрах, соединены с контроллерами по электрическим или оптическим Profibus-шинам. Благодаря масштабируемости платформы Industrial[IT] ранее установленную систему CIMS удалось без проблем соединить с заводской сетью.

Резервирование обеспечивается на сетевом уровне, а также предусмотрено для специализированных контроллеров и источников питания. С целью обеспечения безотказной работы применена волоконная оптика. Особое внимание компания АББ уделила аспектам человеко-машинных интерфейсов. Сегодня, благодаря так называемому «заводскому проводнику» (Industrial[IT] Plant Explorer), система на всех пользовательских уровнях быстро и точно выдает необходимую информацию. Особенно удачной можно считать модернизацию дисплеев на операторских станциях. Введенные в систему новые цифровые контроллеры позволяют быстро и просто настраивать контуры управ-



ления. Журнал трендов на 17 тысяч элементов ведется с помощью сервера связности. Кроме того, этот сервер работает с аспектным сервером в режиме разделения нагрузки, что делает динамику процесса видимой для операторов и позволяет им при необходимости незамедлительно инициировать корректирующие действия.

Технические инструменты, например, Control Builder M, позволяют в режиме «онлайн» редактировать управляющие программы в процессе обслуживания многих пользователей. Это означает, что принципы управления можно менять в режиме «онлайн» без остановки производства, при этом безопасность обеспечивается взаимными блокировками и предупреждающими сообщениями. Новая система существенно оптимизирует техническое обслуживание и особенно профилактическое, так как необходимые сведения, например, суммарное время работы двигателей и количество их включений, персонал получает в реальном масштабе времени. Благодаря упрощению работы и наличию необходимой информации операторы смогли перейти от старой системы к новой после непродолжительного обучения без отрыва от производства, хотя в дальнейшем компания АББ все равно провела курс углубленного обучения для операторов, технологов и обслуживающего персонала.

Одним из критических факторов была минимизация времени простоя в процессе модернизации. Системы управления для первой печи обжига цемента и одной из дробилок сырья были заменены распределенной системой управления Control^{IT} AC800M с модулями ввода-вывода S800. После остановки производства вся замена была успешно проведена компанией АББ всего за 10 дней!

Что в результате получил завод

Процесс модернизации завода EPCC со всей очевидностью продемонстрировал значимость и мощность созданной компанией АББ платформы Industrial^{IT}. Она не только позволила выполнить все требования заказчика, но и свела в одно целое реальное производство и его коммерческие стороны.

Полная интеграция с Industrial^{IT} означает, что всю работу завода можно легко контролировать и всей работой завода можно столь же легко управлять с любого местного или удаленного компьютера, через который обеспечивается доступ к подстанциям, системе энергоснабжения, центрам управления двигателями, генераторам, приводным системам, системам связи, системам мониторинга, подсистемам третьих сторон, системам обеспечения качества, системам совместного управления производством, экспертным системам, системам оптимизации и коммерческим системам. Industrial^{IT} также поддерживает и интегрирует промышленные технологии связи, в том числе основанные на стандартах TCP/IP, OPC и Profibus. Все данные о заводе EPCC и его системах можно получить очень быстро, так как они хранятся в одном центре. Как сказал один из заказчиков, «платформа Industrial^{IT} помогла существенно уменьшить объем бумажной документации, так как необходимую информацию теперь можно найти нажатием кнопки, поэтому заметно сократилось количество простоев, что, в свою очередь, привело к не менее заметному повышению эффективности производства в целом». А поскольку Industrial^{IT} является базирующейся на Windows 2000 открытой системой, то она позволяет интегрировать и другие приложения из пользовательского окружения.

Для EPCC решение обратиться к компании АББ обернулось полным успехом. Остановка производства на время модернизации была сокращена до минимума. У завода теперь есть современная система управления, которая в течение многих лет сможет развиваться вместе с развитием EPCC и увеличением объемов производства.

Маркус Лучсингер
Automation Operations,
ABB, Швейцария
markus.luchsinger@ch.abb.com

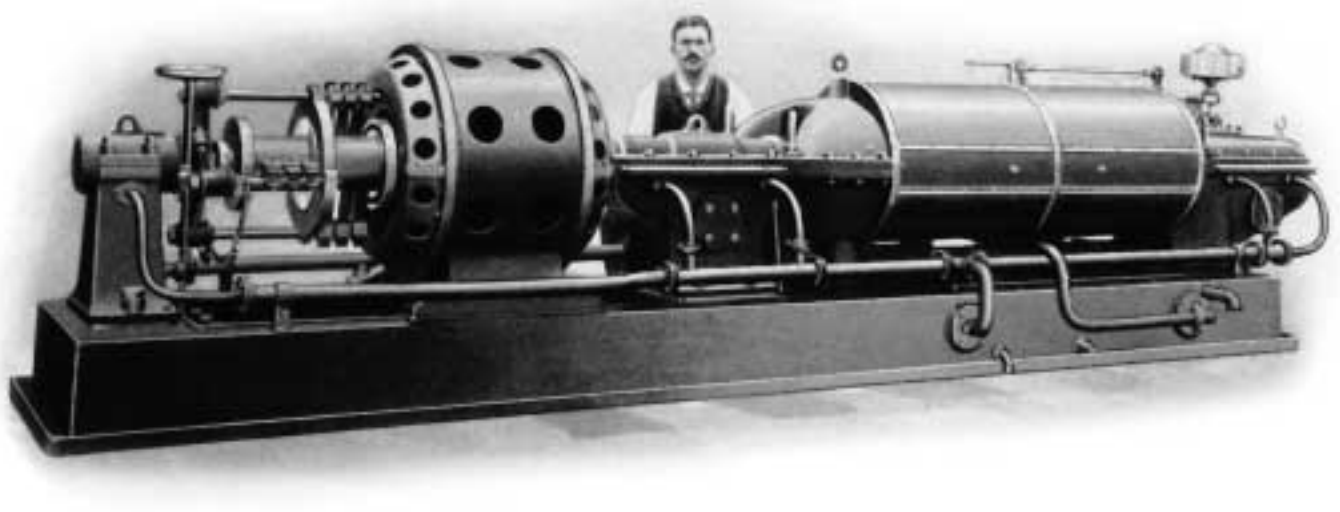
Т.В.С. Чидамбарам
EPCC, Саудовская Аравия

Анонс номера 4/2003

Электроэнергетика родилась чуть более двух веков назад, когда Вольта впервые продемонстрировал величайшее из своих изобретений – вольтов столб. После этого техника развивалась так быстро, что к началу 90х годов XIX века компании BBC и Asea, родительские компании АББ, предлагали на рынке относительно развитые устройства выработки электроэнергии. Но насколько с тех пор всё изменилось: если Вольта или даже основатели компаний BBC и Asea, смогли бы увидеть, насколько глубоко проработаны их начинания, они бы были поражены длиной того пути, которое человечество прошло в борьбе за власть над электроном.

Изобретательность, проявленная человеком для овладения электрической энергией, сложность и масштабы её разнообразных проявлений действительно поражают. Не менее впечатляюща и польза, которую энергетика принесла человечеству. От простейшего электрического водяного насоса в далекой деревушке до автоматизированного фармацевтического завода, производящего спасительные лекарства – все это улучшает и обогащает жизнь миллиардов людей благодаря творческим манипуляциям человека с невидимым электроном.

В нашем следующем номере мы обратимся к тому, как технологическая компания АББ, более века тесно связанная с энергетикой (см. иллюстрацию), вносит вклад в прогресс различных дисциплин, таких как силовая электроника, материаловедение и программное обеспечение и делает энергетику лучше, проще и дешевле.



Деятельность компании АББ в сфере энергетики длится уже более века. В 1883 году Людвиг Фредхольм основал в Стокгольме компанию Elektriska Aktiebolaget для производства приборов электрического освещения и генераторов, а в 1890 году объединился с компанией Wenströms & Granströms Elektriska Kraftbolaget, в результате чего позже образовалась компания Asea. В 1891 году Чарльз Е. Л. Браун и Вальтер Бовери основали компанию Brown, Bovery & Cie в Бадене (Швейцария). Вскоре после этого BBC стала первой компанией, занявшейся передачей высокого напряжения переменного тока. В 1893 году компания Asea создала первую трехфазную систему электропередачи в Швеции. Группа компаний ABB Group была создана в 1988 году после слияния Asea и BBC.

Эта паровая турбина, построенная BBC в 1901 году для компании Market and Refrigeration Hall в Берлине, имела номинальную мощность 150 л.с. Турбина была напрямую связана с генератором постоянного тока. К 1906 году компания BBC построила 110 турбогенераторных установок с общей мощностью более 133 МВт.

ABB Review The corporate technical journal of the ABB Group

Editorial board
Markus Bayegan
Group R&D and Technology
Björn Edlund
Corporate Communications
Friedrich Pinnekamp
Group R&D and Technology
Wylie Rogers
Corporate Communications
Charlotte Brogren
Group R&D
Anthony Byatt
Chief Editor
anthony.byatt@ch.abb.com

The ABB Review is published four times a year in English, French, German, Spanish, Chinese and Russian.

Publisher and copyright © 2003
ABB Ltd
Zurich/Switzerland

Publisher's office
ABB Schweiz AG
Corporate Research
ABB Review / RD.REV
CH-5405 Baden-Dättwil
abbreview.abbzh@ch.abb.com

The ABB Review is free of charge to those with an interest in ABB's technology and objectives or those in management positions who need to be kept informed of the latest technology advances.
For a free subscription please contact your nearest ABB representative or the publisher's office.

Printers
Vorarlberger Verlagsanstalt AG
AT-6850 Dornbirn/Austria

Design
DAVILLA Werbeagentur GmbH
AT-6900 Bregenz/Austria

Partial reprints or reproductions are permitted subject to full acknowledgement.
Complete reprints require the publisher's written consent.

ISSN: 1013-3119

www.abb.com/abbreview