



Усовершенствованное управление технологическими процессами – ключ к повышению их эффективности

Д. Моррисон (Honeywell Process Solutions),
Л. Юренка (DEZA a.s.), Д.В. Кнеллер (ЗАО "Хоневелл")

Усовершенствованное управление технологическими процессами - это совокупность технических, экономических и организационных мероприятий, позволяющих повысить эффективность работы технологических объектов при сравнительно небольших инвестициях. В статье рассматривается применение методов усовершенствованного управления на производстве фталевого ангидрида. Дается краткое описание технологической схемы и предложенного решения. Отмечено, что организационная поддержка заказчика и активное вовлечение его специалистов в проект на всех стадиях – важнейшие составляющие достигнутого успеха.

Ключевые слова: фталевый ангидрид, усовершенствованное управление технологическими процессами, Profit[®] Controller, интервальный алгоритм управления, оптимизация стоимости продукции.

В наш век, когда бизнес ищет любые возможности укрепить конкурентоспособность своих предприятий, даже незначительное повышение производительности и эффективности производства заслуживает пристального внимания, особенно, когда его достижение не требует серьезных инвестиций. Именно поэтому все больше руководителей предприятий рассматривает усовершенствованное управление технологическими процессами (Advanced Process Control – APC) как средство увеличения рентабельности производства путем повышения его стабильности и технологической гибкости. В результате применения APC на технологических объектах в различных отраслях промышленности удается увеличить объем переработки и выход продукции, снизить операционные расходы, улучшить качество продуктов. В итоге, растет эффективность бизнеса.

Именно в такой ситуации оказалась чешская компания Deza, специализирующаяся на обработке бензола и каменноугольной (коксовой) смолы – побочных продуктов процесса получения кокса из угля. При объемах переработки бензола и каменноугольной смолы соответственно 150 млн. и 400 млн. т в год компания Deza является одним из крупнейших игроков в этой рыночной нише. Руководство компании решило улучшить показатели производства фталевого ангидрида на производстве в г. Валашке Межиричи (Чешская Республика). Зная о возможностях APC как средстве повышения производительности и улучшения показателей, Deza привлекла корпорацию Honeywell для проведения технико-экономического анализа целесообразности и возможности внедрения APC-решений.



Что такое APC

APC [1...4] – сравнительно новое направление промышленной автоматизации. Его теоретические основы были заложены в 1970-80-е гг.; первые коммерческие APC-продукты (многомерные прогнозирующие контроллеры) начали применяться с начала 90-х гг. и завоевали широкую популярность в последнее десятилетие. Основная идея APC состоит в модернизации системы управления технологической установки путем введения в нее дополнительных элементов. Эти элементы представляют собой специальное программное обеспечение, реализующее алгоритмы многомерного прогнозирующего управления на основе модели ТП. APC-система представляет собой своего рода "автопилот" для технологической установки: она берет на себя определенные функции оператора и, как показывает анализ работы APC-систем, проведившийся в течение многих лет с помощью как строгих математических методов, так и экспертного анализа, выполняет эти функции, в целом, лучше, чем это делают операторы. Основные функции

APC состоят в управлении установкой как в стационарном режиме, так и при смене производственных заданий и в оптимизации работы установки и/или группы установок по экономическому критерию.

Движущей силой APC-проектов является получение прибыли. Основными источниками прибыли являются:

- повышение загрузки установок, если такая задача поставлена и ее удастся решить с помощью APC;
- увеличение выпуска более ценных продуктов за счет менее ценных;

- снижение операционных затрат (главным образом, благодаря энергосбережению);
- уменьшение потерь при смене режимов;
- прочие, не поддающиеся строгой количественной оценке источники, такие как уменьшение износа оборудования, снижение числа отключений и сбоев, большая информированность операторов и инженеров о ТП, дополнительный резерв времени у операторов и т.п.

Опыт показывает, что в результате внедрения АРС-системы изменчивость ("вариабельность") параметров ТП, вызванная воздействиями на установку внешних факторов, существенно снижается. Это не только стабилизирует качество продукта, что ценно само по себе, но и позволяет вести процесс ближе к определенной стандарту предприятия и/или производственным заданием границе показателя качества продукта, т.е. уменьшить запас по качеству и, вследствие этого, увеличить отбор более ценного продукта без ухудшения его качества.

Причина более эффективной работы АРС по сравнению с традиционными системами регулирования и управления заключается в использовании прогнозирующего управления на основе модели. Модель представляет собой набор математических зависимостей, связывающих входные и выходные переменные АРС-системы. Эти зависимости определяются инженером-разработчиком АРС-системы на основе данных, собранных в ходе испытаний установки на ступенчатые воздействия ("пошагового тестирования"). Модель процесса, построенная по входно-выходным данным, никогда не бывает абсолютно точной, поэтому алгоритмы усовершенствованного управления должны быть робастными, т.е. работать устойчиво и эффективно в условиях неточной модели. Недостаточная робастность алгоритмов усовершенствованного управления может привести к потере устойчивости управляемого объекта и/или к снижению качества управления. Алгоритмы, используемые в АРС-системе третьего поколения Profit® Controller корпорации Honeywell, подтвердили свою робастность.

Решая задачу управления, т.е. стабилизации режима или перевода установки на другой режим, АРС-система следит, чтобы показатели качества продукции не выходили за допустимые границы. Показатели качества непосредственно на установке, как правило, не измеряются, а определяются в лаборатории не чаще 1 раза в смену. Поскольку для качественного управления АРС-системе нужно знать их текущие значения не реже чем 1 раз в 1...2 минуты, важнейшим элементом создания АРС является разработка виртуальных анализаторов (ВА) качества продуктов. Опыт показывает, что разработка и эксплуатация ВА обходится во много раз дешевле, чем приобретение и обслуживание поточного анализатора. Не претендуя на функциональность дорогостоящего поточного анализатора, ВА во многих случаях представляет собой относительно дешевое альтернативное решение, достаточное для реализации целей управления и оптимизации, поставленных перед АРС-системой.

Практика показывает, что наибольшая прибыль от АРС достигается не столько за счет качественного управления (хотя оно является необходимым условием достижения прибыли и, до определенной степени, ее источником), сколько за счет оптимизации работы установки по экономическому критерию. Оптимизация имеет место там, где можно задать экономический критерий качества (целевую функцию) работы установки, а основным параметрам ТП допускается изменяться в определенных диапазонах вместо того, чтобы строго соответствовать заданиям. Если все технологические переменные соответствуют уставкам регуляторов, то целевая функция принимает фиксированное значение, и оптимизация невозможна. Если же параметрам разрешено изменяться в заданных пределах, то может быть поставлена, например, такая оптимизационная задача: максимизировать выход целевого продукта при соблюдении всех технологических и механических ограничений (спецификации продуктов, пределы по регулирующим клапанам, ограничения на работу ротационного оборудования и т.д.). АРС-системы успешно решают подобные оптимизационные задачи для самых разных ТП.

АРС-системы Honeywell применяются в нефтедобыче, нефтепереработке, нефтехимии, химической, горно-обогатительной и пищевой промышленности, тепловой энергетике, а с недавних пор и в автостроении. В России к настоящему моменту инженеры Honeywell успешно реализовали несколько полномасштабных АРС-проектов.

Производство фталевого ангидрида как объект внедрения АРС

Компания Deza специализируется на производстве основных ароматических продуктов, органических полуфабрикатов, ароматики специального назначения и гомологов фенола, а также на торговле химическими продуктами и научно-исследовательской, проектно-конструкторской и аналитической деятельности в области органической химии.

Производство фталевого ангидрида на предприятии в г. Валашке Межиричи включает семь основных и два вспомогательных процесса, в том числе: воздушный компрессор и подогреватель, системы подачи орто-ксилола и нафталина, реактор окисления, секцию десублимации, печь для сжигания отходов газов, а также системы подготовки сырья и хранения готовой продукции.

Воздушный компрессор через воздушный фильтр нагнетает необходимое для реакции окисления количество воздуха, подогреваемого далее в паровом нагревателе. Избыток воздуха отбирается вспомогательным турбокомпрессором и в качестве газа-носителя проходит через испарители, где обогащается парами нафталина. Требуемое содержание нафталина обеспечивается поддержанием заданной выходной температуры воздуха путем регулирования подачи греющего пара.

Основной поток воздуха насыщается орто-ксилолом и под давлением распыляется через форсунку. Пары нафталина и орто-ксилола в смеси с воздухом далее подаются в реактор, в котором находятся 14 тыс. параллельных вертикальных трубок длиной 3,7 м, заполненных высокоэффективным четырехслойным катализатором. Вокруг трубок насосом прокачивается эвтектическая смесь калиевой селитры и нитрита натрия (солевая ванна). При температуре 360...390 °С нафталин и орто-ксилол частично каталитически окисляются атмосферным кислородом с образованием фталевого ангидрида. Незначительная часть нафталина превращается в 1,4-малеиновый ангидрид или полностью окисляется. Если температура реакции недостаточно высока, то увеличивается образование 1,4-бензохинона, а если слишком высока, то растет выход малеинового ангидрида, и значительная часть нафталина полностью окисляется. Часть орто-ксилола также преобразуется в малеиновый ангидрид или полностью окисляется. В качестве побочного продукта окисления орто-ксилола образуется фталид.

Реакции, происходящие в каталитических трубках, сильно экзотермические. Выделяемое тепло равномерно распределяется по металлическим конструкциям реактора и отдается циркулирующему соляному раствору. Солевая ванна охлаждается за счет испарения парового конденсата в испарителе, в результате чего образуется смесь пара и воды, разделяемая в свою очередь в паросборнике высокого давления на насыщенный водяной пар и конденсат.

Давление в системе охлаждения регулируется с помощью клапана высокого давления. Температура солевой ванны в нормальном режиме может варьироваться на $\pm 0,25$ °С. Увеличивая температуру солевой ванны, можно увеличить температуру реакции и наоборот. Горячий газ из нижней части реактора направляется для охлаждения в кожух двухступенчатого охладителя, где отдает тепло, используемое для генерации пара. Для последующего доохлаждения газ направляется в десублиматоры. В результате охлаждения до 99,5% фталевый ангидрид осаждается в виде стержневидных кристаллов, а газ направляется в каталитическую печь для конечной очистки.

В газах после десублиматоров содержатся остатки органических веществ, в том числе фталевого и малеинового ангидридов, а также окиси и двуокиси углерода, которые до сброса в атмосферу должны быть подвергнуты каталитическому выжигу с образованием двуокиси углерода и воды. Отходящие газы сначала нагреваются теплом пара в первом подогревателе, затем теплом очищенных отработанных газов во втором подогревателе, пока не приобретут температуру, требуемую для каталитического сгорания в присутствии двухуровневого платинового катализатора.

APC-решение

После детального обследования объекта и изучения специфики протекания реакций синтеза фталевого ангидрида, инженеры Honeywell пришли к выво-

ду, что наиболее перспективными в плане внедрения APC являются воздушный компрессор, являющийся узким местом при работе на максимальной загрузке, а также блоки подготовки сырья и синтеза. Кроме того, специалистами компании Deza был поставлен ряд задач, решение которых позволило бы повысить эффективность производства:

- поддержание концентрации реагента в реакторе на уровне ниже верхнего предела;
- контроль концентрации реагента в зоне загрузки, чтобы она не достигла взрывоопасного уровня;
- поддержание количества материала, проходящего через турбовентилятор на уровне, не превышающем верхний допустимый предел;
- поддержание температуры реакции окисления в безопасных пределах;
- поддержание всех выходных параметров контроллера в безопасных границах;
- максимизация выхода фталевого ангидрида.

Для решения поставленных задач инженеры Honeywell установили на PCY установкой и сконфигурировали специализированное ПО Profit® Controller, реализующее алгоритмы многомерного управления и оптимизации на основе модели ТП. Реализованная на его основе APC-система охватывает воздушный компрессор, блок подготовки сырья и реактор окисления. Кроме того, приложение Profit® Toolkit дало возможность контролировать температуру в реакторе и постоянно обновлять ее значения в Profit® Controller. Наконец, база данных Process Historian Database, установленная на предприятии Deza, выдает прогнозы по ключевым производственным данным, что повышает эффективность анализа работы установки. ПО Honeywell для контроля показателей работы в режиме РВ выдает полезную статистическую информацию о работе объекта и многомерного контроллера, в частности, данные о стандартных отклонениях контролируемых переменных, активных ограничениях и т.д.

Система Profit® Controller широко используется в нефтепереработке и нефтехимии. В ее основе лежит запатентованный алгоритм интервального управления (Range Control Algorithm — RCA), который обеспечивает поддержание всех контролируемых переменных ТП в заданных диапазонах с учетом прогноза их будущего поведения. RCA обеспечивает стабильное и качественное автоматическое управление многомерным объектом в РВ даже в ситуациях, в которых аналогичные многомерные контроллеры теряют устойчивость.

Динамическая оптимизация стоимости продукции (Product Value Optimization — PVO) в отличие от оптимизационных решений для установившегося режима (статической оптимизации) позволяет системе Profit® Controller быстрее провести оптимизацию и обеспечивает потенциально более точное и экономически выгодное окончательное оптимизационное решение. PVO позволяет не только подобрать оптимальный статический режим, но и найти

наиболее эффективный путь к его достижению. Оптимизатор является частью замкнутой системы многомерного управления, и алгоритмы оптимизации PVO интегрированы с алгоритмом управления RCA. Параметр скорости оптимизации может настраиваться независимо от параметра скорости решения задач управления (то есть скорости приведения всех контролируемых параметров в заданные пределы в случае их выхода за эти пределы под воздействием внешних факторов).

Результаты внедрения

Внедрение APC принесло компании Deza значительные экономические и операционные выгоды. На основании проведенного предварительного технико-экономического анализа специалисты Honeywell прогнозировали, что увеличение объема производства фталевого ангидрида позволит окупить проект в течение 9 мес. Но проведенный впоследствии расчет экономического эффекта показал, что срок окупаемости не превысил 6 мес., а коэффициент эксплуатации контроллера составил более 99% с момента его ввода в эксплуатацию в октябре 2006 г. Если сравнить эффективность производства фталевого ангидрида до и после внедрения APC, то можно сделать вывод, что улучшение достигнуто не только благодаря увеличению производительности – на производство каждой

тоны фталевого ангидрида теперь затрачивается меньше сырья и энергоносителей, чем раньше.

Важной составляющей успеха проекта стало вовлечение технологов и операторов во все этапы его реализации и поддержка руководства предприятия, благодаря которой инженеры АСУТП имели возможность принимать полноценное участие в проекте и нести ответственность на всех его этапах: проектирования многомерного контроллера и его предварительной настройки, пошагового тестирования объекта, внедрения и испытаний контроллера. Повышенное внимание к системе базового регулирования и эффективное решение связанных с ней проблем до начала внедрения APC-системы стало важнейшим слагаемым достигнутых результатов.

Список литературы

1. Дозорцев В.М., Кнеллер Д.В. APC – усовершенствованное управление технологическими процессами // Датчики и системы. 2005. № 10.
2. Розенберг Л.С., Рудяк К.Б., Исаев В.Б. и др. Повышение эффективности работы установки первичной переработки нефти с помощью системы усовершенствованного управления // Промышленные АСУ и контроллеры. 2007. № 2. С. 6...12.
3. Ковард Э. Объединение технологий динамического моделирования и усовершенствованного управления ТП // Автоматизация в промышленности. 2008. № 7. С. 52...53.
4. Willis M.J., Tham M.T. Advanced Process Control, <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrol/apc.htm>

Дон Моррисон – ведущий консультант Honeywell Process Solutions,

Ладислав Юренка – начальник производства фталевого ангидрида DEZA a.s.,

Кнеллер Дмитрий Владимирович – канд. техн. наук, руководитель отдела систем оптимизации ТП ЗАО "Хоневелл".

Контактный телефон (495) 334-77-40.



СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Обновление продуктовой линейки Citect для повышения эффективности управления

Программные продукты Citect начали завоевывать российский рынок 10 лет назад, когда компании Citect и РТСОфт заключили соглашение о партнерстве, и ЗАО "РТСОфт" стал официальным дистрибьютором Citect на территории России, Белоруссии и Казахстана. Компания Citect всегда гибко реагирует на потребности рынка и своевременно обновляет свою продуктовую линейку для наилучшего удовлетворения потребностей заказчика и решения возникающих задач.

Релиз новых версий ПО CitectSCADA v7.10 и CitectFacilities v7.10, который вышел в начале 2009 г., открывает предприятиям дополнительные возможности по оптимизации производственных процессов и повышению эффективности управленческой деятельности.

CitectSCADA v7.10 – дополнительная

безопасность и упрощенное конфигурирование

SCADA-система Citect уже зарекомендовала себя на современном рынке в качестве одной из наиболее надежных, гибких и высокопродуктивных систем управления. Новая версия CitectSCADA v7.10 предлагает дополнительные параметры обеспечения безопасности и еще большую степень доступности в установке конфигурации системы.

Преимущества новой версии CitectSCADA v7.10:

значительное сокращение производственных издержек; увеличение нормы прибыли за счет оптимизации системы и более эффективной организации работы персонала; снижение совокупных издержек за счет сокращения времени, необходимого на внедрение изменений в систему; оптимизированная система управления проектом.

Особенности CitectSCADA v7.10

Поддержка ОС Microsoft Windows Vista™. Новая версия CitectSCADA v7.10 получила сертификат компании Microsoft о совместимости с ОС Microsoft Windows Vista™, что позволяет ей воспользоваться дополнительными параметрами безопасности, встроенными в данную ОС.

Интеграция с системой безопасности Windows.

Стало возможным использовать как встроенную систему безопасности Windows (Windows Integrated Security), так и собственную модель безопасности SCADA-системы Citect. В обеих моделях в рамках проекта определяется объем прав, которыми наделяется оператор в ходе рабочего цикла. Интеграция с системой безопасности Windows позволяет приме-