



ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В.А. Лотоцкий, В.М. Чадеев,
Е.М. Максимов, Н.Н. Бахтадзе (ИПУ РАН)

Описаны возможности применения виртуальных анализаторов на разных этапах производственного и логистического циклов. Представлена концепция виртуального анализа как реализации идентификационного подхода к управлению на базе современных информационных технологий.



Качественное повышение уровня автоматизации производства сегодня, в первую очередь, происходит за счет возможности создания единого информационного пространства предприятия и мониторинга как отдельных производственных процессов и ситуаций, так и всего технологического цикла. Получение информации о производственных и административных процессах в режиме РВ дает дополнительную возможность увеличения эффективности производства не только за счет повышения производительности труда на отдельных участках, но и посредством оптимизации управления производством в целом. Именно за счет инвестиций в исследование, развитие и внедрение современных методов управления, по мнению западных экономистов, можно увеличить прибыльность производства в несколько раз [1]. В рамках единого информационного пространства предприятия станет возможным осуществлять оптимизацию управления производственным процессом в комплексе, т.е. охватывать все бизнес-процессы: технологические, организационные, планово-экономические и маркетинговые.

Мониторинг производственной ситуации создает информационную основу для решения самых разнообразных задач: анализ, прогнозирование, управление и т.д. Алгоритмы и соответствующие модели могут настраиваться в РВ с использованием как текущей информации, так и ретроспективных данных, например, обобщенных технологических знаний из базы знаний предприятия. Программно-алгоритмические комплексы, рассчитывающие оптимальные управляющие воздействия на потоки производственной информации на основе этих моделей и алгоритмов, получили название виртуальных анализаторов (ВА). Такое определение несколько шире, чем ставшее привычным на производстве представление о ВА как о программном заместителе реальных датчиков, т.е. определении значений определенной величины по косвенным параметрам.

Такие "мягкие датчики" либо существенно экономичнее (поскольку могут служить альтернативой дорогостоящим анализам), либо производят "измерения", когда осуществить это на практике бывает невозможно. Для всех типов ВА общим свойством является способ-

ность лежащей в их основе модели обучаться адекватному определению некоторой величины, которую иначе можно было бы определить только путем анализов, лабораторных испытаний, т.е. непосредственных измерений. Однако сложившаяся на предприятиях лабораторная система контроля качества не обеспечивает оперативный технический персонал своевременной и непрерывной информацией о качестве продукции по той причине, что отбор, транспортировка и анализ пробы являются длительным и трудоемким процессом, который удается осуществлять только один — два раза в смену и реже. В результате операторы либо получают брак, либо ведут процесс с большим "запасом" качества, что в обоих случаях существенно снижает эффективность производства. В течение определенного периода большие надежды западных предприятий возлагались на автоматические (роботизированные) анализаторы, осуществляющие прямой замер показателя качества в потоке. Однако, подобные приборы сложны, трудоемки в эксплуатации и дороги. Кроме того, не всегда возможна установка каких-либо автоматических измерителей. Зато во многих случаях успешно применяются виртуальные анализаторы, которые обеспечивают необходимую для управления точность, будучи несравненно дешевле и надежнее роботизированных анализаторов.

В приводимой здесь трактовке ВА имеет существенно более широкое функциональное назначение: прогнозатор для системы виртуального мониторинга, анализатор для стратегического планирования, информационно-аналитическая основа для регулятора реальной АСУТП, системы управления on-line с идентификатором, робастной системы управления с внутренними моделями и т.д. То есть адаптация модели и собственно решение функциональной задачи конкретного ВА происходит с использованием максимально возможного объема всей апостериорной информации: текущей, архивной и содержания базы знаний.

Управляющие воздействия, вырабатываемые ВА, могут быть далее использованы в режиме РВ одновременно в нескольких информационных и управляющих системах предприятия: в замкнутом контуре АСУТП, в системах поддержки принятия решений, координации взаимосвязанных производств, управления ресурсами предприятия, маркетингом и т.д.

В этом аспекте можно говорить о *виртуальных моделях* не только конкретных объектов, но и функциональных устройств, например, регуляторов тех или иных технологических параметров. (В частном случае, когда эта модель используется в контуре управления, она перестает быть виртуальной, и мы имеем привычную систему управления). В классической монографии Л. Льюнга [2] способ построения моделей, "в котором непосредственно используются экспериментальные данные, ведется регистрация входных/выходных сигналов, и модель формируется в результате их обработки", получил название *идентификации*. Альтернативой такому способу является дедуктивный подход, при котором осуществляется формальное математическое объединение простейших подсистем, для каждой из которых модель строится на основе физических, биологических и других закономерностей [3]. Таким образом, можно говорить об идентификационном подходе применительно к виртуальным моделям и о *виртуальном анализе* как о расширении наших представлений об идентификации в условиях единого информационного пространства современного предприятия. Информационное единообразие открывает возможность для более глубокой проработки производственной ситуации как для отдельных процессов, так и для всего технологического цикла производства, что предоставит основу для принятия оптимальных управленческих решений на базе результатов функционирования ВА.

В статье [4] читатели журнала имели возможность ознакомиться с широким спектром функциональных возможностей ВА и решаемых с их помощью управленческих задач.

Реализация ВА

ВА разрабатываются как на основе различных алгоритмов идентификации, так и на основе технологии искусственных нейронных сетей или некоторых видов гибридных нейронных технологий (например, генетических алгоритмов).

Система управления на базе ВА включает библиотеки:

- базовых моделей, описывающих взаимосвязь качественных показателей с текущими значениями измеряемых параметров ТП;
- алгоритмов настройки модели (идентификатор) по данным реального функционирования;
- регуляторов, вырабатывающих управляющие воздействия;
- блоков аналитической обработки статистической информации для оперативного информационного обеспечения руководства, стратегического планирования, координирования работы взаимосвязанных производств, контроля безотказной работы оборудования и т.д.;
- программ для построения интерфейса пользователя.

Система может функционировать как в режиме советчика, так и в автоматическом режиме. Послед-

ний вариант осуществляет автоматическое управление ТП с адаптивной настройкой моделей.

Разработка моделей процессов и алгоритмов управления осуществляется как на основе статистической обработки значений показателей аналитического контроля, значений технологических параметров и состояния технологического оборудования цехов, так и на использовании опыта технологов и разработчиков технологического оборудования.

Система управления должна обеспечивать взаимодействие с БД текущих значений технологических параметров процессов на установках и в цехах (АСУТП) и с БД лабораторных анализов, а также (и главным образом) предоставлять эти результаты персоналу, управляющему производственным процессом.

Система работает совместно со многими применяемыми в промышленности информационно-управляющими системами, например, построенными на базе PI System компании OSISoft, на базе SCADA-системы iFIX компании GE Fanuc, SCADA-системы Trace Mode компании AdAstra и др.

Большой опыт, накопленный почти за 40 лет работы с ТП, производствами, бизнес-процессами и реализованный в виде программной системы на современных вычислительных средствах позволяет успешно строить системы на базе ВА практически на любом современном предприятии.

Примеры внедрения ВА

Рабочей группой лаб.41 ИПУ РАН были успешно внедрены системы на базе ВА (в соответствии с описываемой здесь концепцией) в различных отраслях промышленности. Это металлургия (управление прокатом труб и процессом конвертерной выплавки стали), химическая промышленность (производство малеинового ангидрида и магнитных жидкостей), авиационное (ремонт компрессоров двигателя), медицина (снижение числа обследований при гарантии выявления группы риска). По результатам внедрения были получены Государственная премия СССР, награды Министерства Приборостроения и др.

Рассмотрим результаты успешных внедрений систем на базе ВА, сделанных в течение последнего года.

Система управления содержанием фосфорной кислоты для процесса производства гранулированного аммофоса в цехе №2 ОАО "Воскресенские минеральные удобрения"

Содержание фосфорной кислоты в аммофосе является основным качественным показателем готового продукта. Его значение не должно быть меньше заданной величины. С другой стороны, увеличение содержания фосфорной кислоты приводит к перерасходу дорогого сырья, из которого вырабатывается фосфорная кислота. Целью внедрения данной системы было обеспечение заданного качества продукта при уменьшении расхода сырья.

Система внедрялась в два этапа. Сначала был внедрен ВА, позволяющий прогнозировать значение выходного параметра (содержание фосфорной кислоты в готовом продукте) на 1 ч вперед, а затем на его основе была построена система управления содержанием фосфорной кислоты в режиме советчика.

Работа прогнозатора представлена на рис 1.

Адекватность модели, оценкой которой служит коэффициент множественной корреляции (КМК), который составляет примерно 0,8, достаточно высока для такого рода производств, характеризующихся большим числом неконтролируемых возмущений.

Прогноз, а затем и управление отображаются в интерфейсе оператора (рис. 2) и передаются в существующую АСУТП. Результатом внедрения ВА явилось уменьшение разности между максимальным и минимальным значением параметра в 1,6 раза. Дисперсия выходного параметра осталась на том же уровне.

В результате внедрения системы управления удалось уменьшить разность между максимальным и минимальным значением параметра еще в 1,4 раза и уменьшить дисперсию выходного параметра на 40%. Это позволяет гарантированно вести процесс с меньшим содержанием фосфорной кислоты в готовом продукте без выхода за границы, установленные требованиями к качеству продукта, что позволяет получить значительный экономический эффект от внедрения системы.

Система прогнозирования качества дистиллятов установки замедленного коксования 21-10/3М ООО "ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЕОРГСИНТЕЗ"

Проблема управления качеством дистиллятов с целью их дальнейшего использования в качестве компонентов сырья установок гидроочистки заключается в том, что на стадии проектирования сложная ректификационная колонна

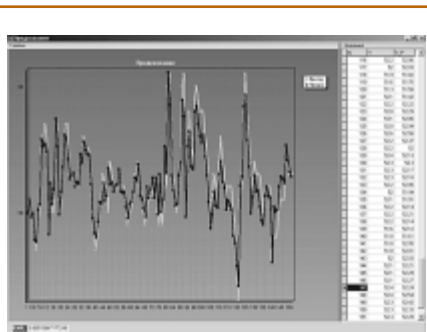


Рис. 1. Мнемосхема работы прогнозатора, где серая кривая – реальное значение параметра, полученное при помощи лабораторных анализов (результат анализа появляется через час после забора пробы), черная кривая – прогноз (выдается системой в момент забора пробы или чуть раньше)



Рис. 2

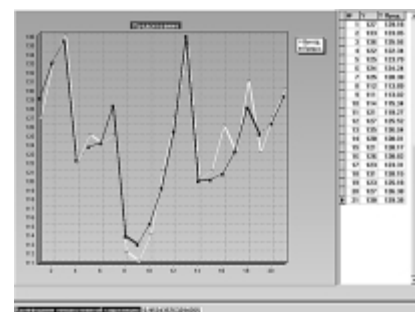


Рис. 3

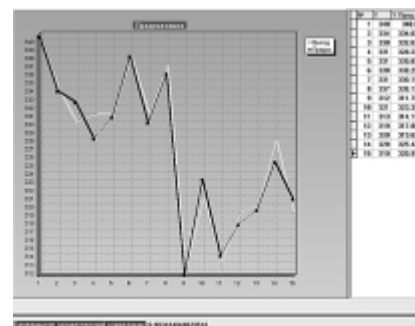


Рис. 4

рассчитывается на усредненное количество и состав смеси питания. В действительности же нагрузка установки и состав нефти в течение рабочей смены меняются, хотя и не значительно, но достаточно для того, чтобы являться возмущением по линии подачи питания для последовательно соединенных ректификационных колонн, что оказывает влияние на качество получаемых дистиллятов.

Управление колонной осуществляется путем корректировки расчетного температурного профиля колонны в зависимости от результатов лабораторного анализа качества дистиллятов. Значения основных показателей качества получаются путем сложных лабораторных анализов, которые обычно проводятся достаточно редко – в лучшем случае один – два раза в смену. За это же время показатель качества может измениться от нижней до верхней границы технологического регламента.

На основе статистики измерений технологических параметров, осуществляемых на установках в РВ, и данных лабораторных анализов были построены ВА для данного процесса. Они позволили вычислять требуемые показатели качества в промежутках между анализами по параметрам, измеряемым в РВ. Это позволяет увеличить производство продуктов с заданным качеством.

Осуществлена разработка программных ВА качества для следующих продуктов установки замедленного коксования – бензин, легкий газойль. Определяемые показатели температуры: начала кипения, 50% выкипания, 90% выкипания, конца кипения (для бензина).

На рис. 3 представлен пример работы ВА для температуры выкипания 50% бензина, а на рис. 4 – пример работы ВА для температуры выкипания 96% легкого газойля.

То, что КМК→1, свидетельствуют о достаточно высокой адекватности значений выходных параметров, полученных при помощи ВА.

Заключение

Виртуальные анализаторы формируют в режиме РВ интеллектуальное содержание современных интегрированных систем управления производством. Процесс выработки таких управляющих воздействий представляет собой построение модели исследуемого производственного процесса с использованием как оперативной, так и ретроспективной информации. Поэтому он может быть интерпретирован как процесс идентификации, однако, в более широком аспекте. Этот процесс предлагается называть виртуальным анализом. Такое определение логически охватывает все разработки, объединенные принципом построения и корректировки моделей производственных процессов по оперативным и ретроспективным данным, по сути, "измерения по косвенным параметрам".

Список литературы

1. Куликов В.Н. Стратегия развития информационных технологий в промышленности // Мир компьютерной автоматизации. 2001. № 4.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. М.: Наука. 1991.
3. Лотоцкий В.А. Идентификация структур и параметров систем управления // Измерения, контроль, автоматизация. 1991. №3-4.
4. Туманов Н.А., Туманов Д.Н., Чадеев В.М., Бахтадзе Н.Н. Системы управления качеством производства минеральных удобрений на основе виртуальных анализаторов // Автоматизация в промышленности. 2003. № 8.
5. Лотоцкий В.А., Чадеев В.М. и др. Нелинейный динамический прогнозатор. Результаты экспериментальной проверки на линии "Аммофос-2" ОАО ВМУ//Тр. Межд. конф. SICPRO-2004.

*Лотоцкий Владимир Алексеевич — д-р техн. наук, проф., зав.лаб.,
Чадеев Валентин Маркович — д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
Максимов Евгений Михайлович — канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
Бахтадзе Наталья Николаевна — канд. техн. наук,
ст. науч. сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.
Контактные телефоны: (095)334-92-01, 334-87-59.*

Версия LabVIEW 7.1 компании National Instruments расширяет сферу использования технологии Express для применения в системах РВ и модульных приборах

Компания National Instruments выпустила LabVIEW 7.1 — новую версию графической среды разработки LabVIEW.

В LabVIEW 7.1 National Instruments продолжает совершенствовать средства разработки приложений для различных аппаратных платформ, от высокоэффективных модульных приборов до систем жесткого РВ и портативных устройств. Благодаря пяти новым виртуальным "Express-приборам" для осциллографов, генераторов сигналов и устройств высокоскоростного цифрового ввода/вывода инженеры получили возможность решать сложные измерительные задачи и создавать приложения с минимальными затратами времени. Обновленный драйвер NI-DAQmx теперь поддерживает приложения РВ, повышая скорость PID-цикла на 30% и упрощая реализацию циклов, выполняемых синхронно с работой аппаратных средств. Более того, новый модуль PDA в пакете LabVIEW 7.1 наделен дополнительной функциональностью, включая ускоренный многоканальный сбор данных, аналоговую и цифровую синхронизацию. Этот модуль может использоваться инженерами при создании мультиметров (DMM), а также для связи с устройствами, поддерживающими протокол связи Bluetooth.

Помимо этого, LabVIEW 7.1 характеризуется возросшей скоростью исполнения программного кода, а также имеет возможность графической отладки в задачах низкоуровневого программирования и позволяет визуализировать работу систем РВ. Благодаря новой структуре "временной цикл" (расширенная версия цикла while в LabVIEW), инженеры могут с большой точностью управлять временем выполнения каждого сегмента кода, координировать множество действий,

критичных по времени, и назначать циклам приоритеты при создании приложений, в которых требуется различная скорость работы составляющих. Для дополнительной оптимизации своих приложений инженеры могут использовать новые инструментальные средства трассировки выполнения приложений (пакет LabVIEW Execution Trace Toolkit), совместно с модулем РВ (LabVIEW Real-Time Module), чтобы быстро определять источники таких проблем, как, например, некорректное распределение памяти или конфликты из-за разделяемых ресурсов.

Помимо увеличения скорости разработки приложений РВ на существующих платформах, данная версия позволяет запускать приложения LabVIEW Real-Time на сертифицированных ПК. Теперь инженеры могут создавать системы РВ путем интеграции большого набора измерительных модулей с интерфейсом PCI на базе ПК.

Новый модуль FPGA LabVIEW 7.1, выпускаемый вместе с LabVIEW 7.1, повышает эффективность и функциональные возможности встроенных FPGA приложений. Последняя версия имеет одноктактные циклы, в которых выполняется несколько функций за один такт (25 нс) задающего генератора, работающего с частотой 40 МГц. Эта особенность позволяет инженерам использовать LabVIEW для разработки FPGA кода, работающего так же эффективно, как оптимизированный вручную код VHDL. Они также могут повторно использовать свой уже разработанный код VHDL в приложениях FPGA LabVIEW, благодаря новому узлу взаимодействия с HDL. Кроме того, теперь инженеры могут разрабатывать код для трех целевых систем FPGA, включая NI Compact Vision System для создания специальных высокоэффективных приложений машинного зрения.

Контактный телефон (095) 783-68-51.