

Если рабочая температура  $t$  в ( $^{\circ}\text{C}$ ), давление рабочее в (МПа), то

$$\rho_0 = \frac{\rho \cdot (273,15 + t) \cdot Z \cdot 0,101325}{(P_1 + 0,101325) \cdot 273,15 \cdot 1,00}$$

Тогда для примера сверху получим:

$$\rho_0 = \frac{9,375 \cdot (273,15 + 375) \cdot 1,0088 \cdot 0,101325}{(2,94 + 0,101325) \cdot 273,15 \cdot 1,00} = 0,747661.$$

Молекулярный вес  $MW = \rho_0 \cdot 22,4 = 16,748$ .

Таким образом, ошибка в молекулярном весе почти в 10 раз!

При повторных расчетах пропускной способности для нового значения  $MW$  видна разница в значении  $C_v$  в 3 раза. Все верно, так как  $MW$  под корнем, а квадратный корень из 10 приблизительно равен 3.

В результате, вместо предварительного выбранного клапана номинальным диаметром DN200 здесь подойдет модель клапана с внутренним портом 100 мм и расширенными соединительными патрубками DN150.

А это большая разница, в том числе в стоимости.

*Часто говорят, что цифры управляют миром; но крайней мере нет сомнения в том, что цифры показывают, как он управляется.*

И.Герте

Отметим, что универсальную газовую постоянную  $R$  для конкретных технических единиц несложно и рассчитать, исходя из формулы (4):  $MW = 22,4 \cdot \rho_0$ . Из (3) видно, что

$$22,4 = \frac{R \cdot T_0 \cdot Z_0}{P_0}$$

тогда

$$R = \frac{22,4 \cdot P_0}{T_0 \cdot Z_0}$$

При нормальных условиях объем одного моля идеального газа составляет 22,41399639 литра (следствие из закона Авогадро), для инженерных расчетов принято ограничиваться значением 22,4 литра. Для  $P_0 = 0,101325$  МПа,  $T_0 = 273,15$  К получаем  $R = 8,314472 \cdot 10^{-3}$  Дж/моль·К· $10^{-3}$ .

*Пушкарев Алексей Васильевич — эксперт по ТПА ООО «Эмерсон».  
Контактный телефон +7 (495) 995-95-59.*

## Удаленный контроль и диагностика позиционеров, контуров регулирования и КИП

**В.О. Верева (Компания Yokogawa)**

Представлены два программных пакета от компании Yokogawa — PRM (Plant Resource Manager) для централизованного управления большими объемами данных от КИП, исполнительных устройств и производственного оборудования и ISAE (InsighSuiteAE) для диагностики контуров регулирования и клапанов. Показано, что совместная работа этих пакетов позволяет снизить эксплуатационные расходы, связанные с нарушением ТП и внеплановыми остановами, позволяет оптимизировать и систематизировать информацию, получаемую от полевого оборудования для более строгого и тщательного контроля состояния активов.

Ключевые слова: контроль, диагностика, КИП, исполнительные устройства, клапаны, эксплуатационные расходы, состояние активов.

В условиях современного рынка производственные компании серьезно задумываются об увеличении производительности и снижении расходов на эксплуатацию. Мировой опыт использования инновационных решений, предназначенных для контроля за активами, показывает, что состояние контуров регулирования существенно влияет на эффективность производства и затраты на эксплуатацию [1, 2].

Зачастую причинами некорректной работы ПИД-регулятора являются неверные настройки регулятора, неисправное состояние связанных с регулятором КИП и регулирующих клапанов. Вышедшие из строя клапаны, находящиеся в составе контура регулирования, могут привести к серьезным нарушениям процесса или к аварийному останову и незапланированным простоям производства. В связи с этим компания Yokogawa предлагает комплексное решение, состоящее из двух пакетов:

— PRM (Plant Resource Manager) для централизованного управления большими объемами данных от КИП, исполнительных устройств, а также производственного оборудования, что позволяет контролировать статус этих устройств и осуществлять оперативную диагностику в режиме реального времени;

— ISAE (InsighSuiteAE) для диагностики контуров регулирования и клапанов.

Указанные программные пакеты могут использоваться отдельно друг от друга. Но их совместное применение повышает качество и эффективность решения задачи (рис. 1). Комплексное решение PRM+ISAE призвано помогать оперативному персоналу в осуществлении более детального контроля за состоянием КИП, контуров регулирования и клапанов и, как следствие, минимизировать риски, связанные с внезапным выходом оборудования из строя.



Рис. 1. Финансовый эффект корректного регулирования, исходя из мирового опыта использования решений PRM и ISAE

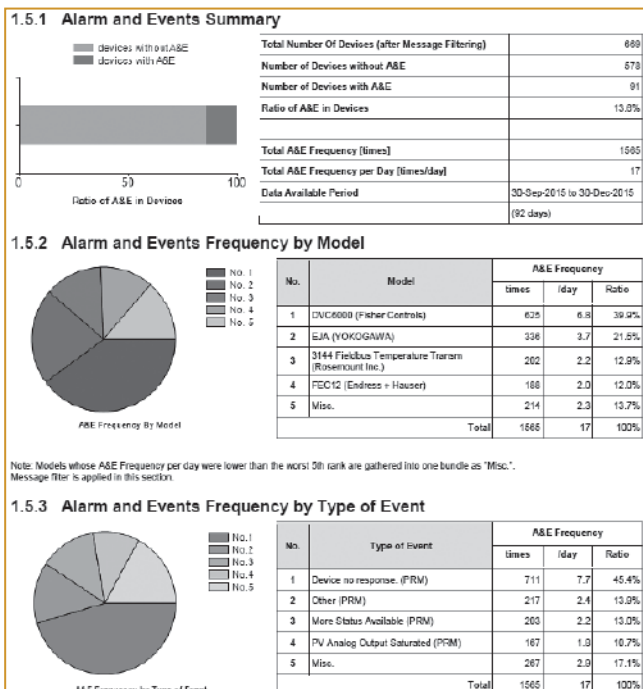


Рис. 2. Пример отчета KPI

Рассмотрим подробнее функциональные возможности каждого решения.

### Программный комплекс PRM

Программный комплекс PRM позволяет осуществлять контроль за состоянием КИП и позиционеров,

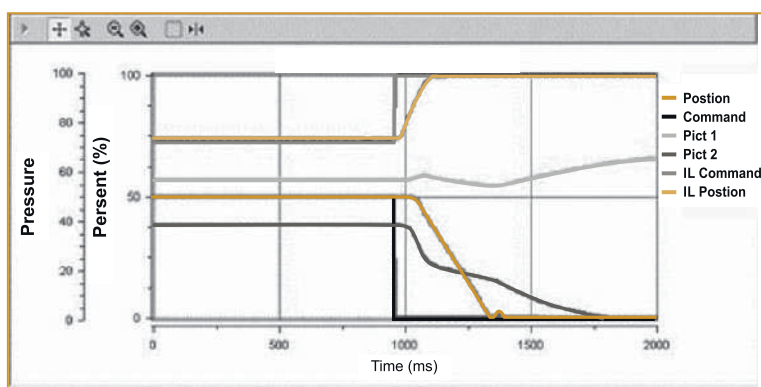


Рис. 3. График, показывающий результаты испытаний неполного открытия, здесь по оси X — время реакции клапана, а по оси Y — процент открытия

<sup>1</sup> С развитием научно-технического прогресса КИП становились все более сложными и «интеллектуальными». Раньше для настройки КИП необходимо было использовать встроенный экран и клавиатуру каждого устройства, что занимало немало времени при пусконаладке. Для облегчения этой задачи организацией PUO (Profibus User Organisation) было разработано решение, позволяющее делать настройку удаленно из операторной. Так появились технологии FDT (Field Device Tool) и DTM (Device Type Manager), поддерживающие сегодня различные протоколы передачи данных (HART, FoundationFieldbus, PROFINET, Interbus, AS-interface, DeviceNet).

используя коммуникационные протоколы HART, FoundationFieldbus и Profibus.

Пользователь настраивает в пакете PRM иерархию контролируемых устройств. Далее выполняется постоянный опрос этих устройств на предмет ошибок и неисправностей. При помощи FDT/DTM<sup>1</sup> технологии осуществляется настройка приборов, тест токовой петли и запрос более детальной информации о неисправности КИП, а также производится калибровка позиционеров, работающих по протоколу HART. Пакет PRM может работать с устройствами любых производителей при наличии у этих приборов DTM и DD-файлов.

ПО PRM может обмениваться данными с «интеллектуальными» приборами как при помощи PCY, так и напрямую через мультиплексоры. Пакет имеет клиент-серверную архитектуру. В клиенте PRM можно создавать шаблоны устройств и привязывать к ним различные документы. Например, предположим, что на производстве установлено 150 позиционеров одной марки. Инженер создает шаблон для данного устройства, добавляет в него инструкцию по эксплуатации, схему P&ID и заметки по обслуживанию. Эти документы автоматически загружаются для остальных 149 устройств. Отдельно можно добавить фотографии расположения оборудования, паспорта, свидетельства о поверках и прочие необходимые документы. Также можно добавить список запасных частей для устройств и вести журнал обслуживания, вводя заметки через инструмент Inspection Memo, куда можно вносить любую информацию по обслуживанию (дату, причины, ответственное лицо, время реагирования, использованные запчасти и т. д.)

Еще одной важной функцией PRM для планирования работ является инструмент создания отчетов, включающий показатели эффективности оборудования КИП и HART-позиционеров (рис. 2). В данном отчете отображаются все устройства, подключенные

к PRM, с разбивкой по различным категориям состояния: от полностью неисправного до полностью исправного, по статусам категории инструмента Device Patrol, по статусам категории NAMUR NE107, по конкретным ошибкам. При подключении PRM к общей заводской сети появляется возможность отправки отчета на электронную почту ответственному лицу.

Для клапанов ПАЗ в составе пакета PRM имеется инструмент PST Scheduler (Планировщик испытания неполного открытия клапана). В отличие от FST (Full Stroke Test или испытания полного открытия), которое обычно проводится при остановленном про-

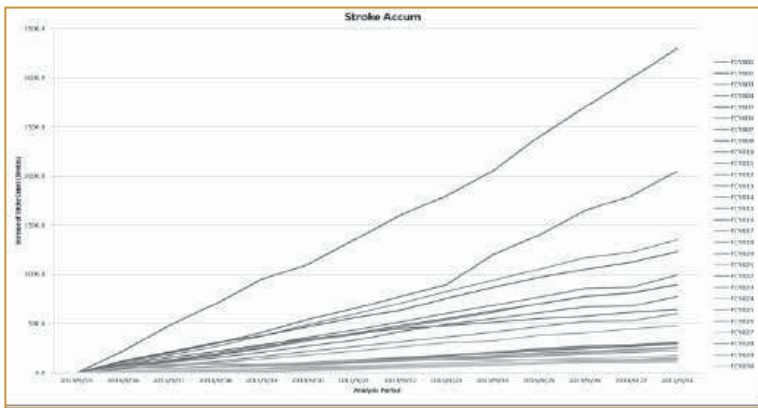


Рис. 4. Графическое представление результатов диагностики клапана: для каждого типа диагностики рисуются зависимости состояния клапана от параметров

изводстве в период проведения планово-предупредительных работ, PST (Partial Stroke Test — испытание неполного открытия) можно проводить непосредственно во время производства. Данный инструмент позволяет запланировать и произвести испытание неполного открытия (рис. 3). Настройка процента открытия производится при помощи FDT/DTM технологии непосредственно в клиенте PRM, а результаты теста отображаются в виде графика с соотношением процента открытия ко времени. Следует обратить внимание, что даже частичное изменение положения клапанов ПАЗ может привести к существенным изменениям процесса, поэтому перед настройкой PST следует оценить все риски и разработать технологическую карту испытаний.

#### ISAE — диагностики контуров регулирования и клапанов

Решение ISAE работает в связке с PRM и служит для диагностики контуров регулирования и клапанов. Диагностика клапанов — это самый важный и обширный инструмент решения, состоящий из семи типов диагностик (управляемость, связь, колебания хода, утечки воздуха КИП, залипание штока, состояние уплотнения, прогнозирование неисправности). Пакет ISAE обрабатывает полученные через PRM данные от позиционеров и оценивает их состояние по ряду критериев (рис. 4).

Инструмент прогнозирования неисправности пакета ISAE позволяет настраивать порог выбранного параметра, при достижении которого обычно наступает неисправность клапана, и в зависимости от построения линии тренда ISAE рассчитывает примерный остаточный срок службы клапана.

Отличительной особенностью инструмента диагностики клапанов пакета ISAE является то, что он умеет работать с позиционерами любого производителя, если они осуществляют связь по протоколу HART. Принцип работы основан на математическом анализе ряда параметров, получаемых от позиционера. Возможные типы диагностики, реализуемые в ISAE, напрямую связаны с числом параметров, которое может фиксировать позиционер. Например, диагностика утечек воздуха КИП требует контроля такого параметра, как давление воздуха КИП. Таким образом, не требуется устанавливать различные внутренние инструменты для диагностики позиционеров, появляется возможность заменить их одним инструментом, и объединить данные о позиционерах разных производителей в один общий отчет.

Диагностика контуров регулирования основана на комплексном анализе состояния клапанов и датчиков, входящих в контур, а также обрабатывает и анализирует данные, получаемые из PCY (PV, SV, MV, время нахождения в режиме и отклонения), с последующим формированием отчета, включающего рекомендации по оптимизации работы контура управления (рис. 5).

Средства программного пакета ISAE позволяют охватывать 75% причин некорректной работы контура



Рис. 5. Основные причины некорректного регулирования. Программный комплекс ISAE разработан таким образом, чтобы выявлять причину и давать персоналу рекомендации по ее устранению

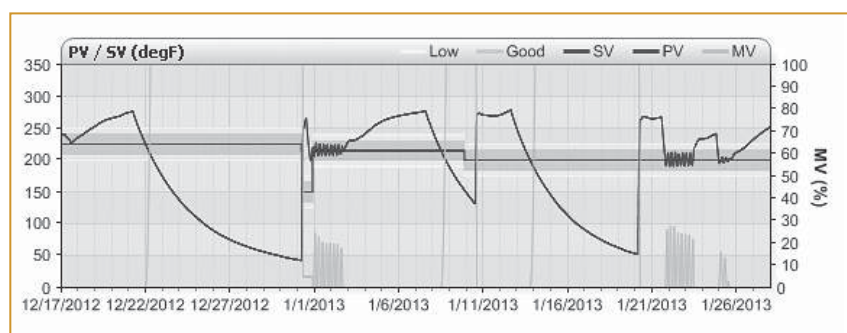


Рис. 6. Вид диагностики контура регулирования в клиенте ISAE

ра регулирования (рис. 6) и по итогам анализа каждого контура ISAE дает рекомендации по устранению возможных причин.

Для упорядочивания информации о состоянии позиционеров в ISAE существует инструмент создания отчетов по примеру такого же отчета в PRM. Однако данный отчет является более детальным и состоит из нескольких частей: показатели эффективности КИП, анализ состояния клапанов и анализ состояния контуров регулирования с рекомендациями по обслуживанию. Информативность отчета может быть настроена по желанию пользователя. Отчет выдается на экран пользователя в виде сводки таблиц в Excel, где отображается полная информация о состоянии позиционеров с сортировкой от самых проблемных к самым исправным.

Инструмент ISAE позволяет проводить диагностику не только позиционеров, устройств КИП и контуров регулирования, но и контролировать состояние вращающегося оборудования (контроль состояния в работе или простое), а также проводить диагностику теплообменников. Это экспериментальная функция, призванная показать, что команда разработчиков ISAE готова создать инструмент диагностики любого оборудования по требованию заказчика при наличии четкого задания и сертифицированной технологии расчета КПД оборудования и его диагностики.

#### Пример применения

Рассмотрим пример внедрения пакетов PRM и ISAE на газовых месторождениях в Голландии. В связи с сокращением объемов добычи газа перед добывающей компанией стояла задача снизить эксплуатационные расходы. Из-за большого расстояния между кустами при помощи пакета PRM был организован удаленный контроль состояния КИП и клапанов, оснащенных позиционерами HART/FF-1. Вся информация поступала в единый центр мони-

торинга (несколько станций PRM могут быть объединены в одном общем клиенте). Для интеграции PRM с пакетом ISAE значения требуемых KPI выводились на удаленную панель пользователя в режиме Dashboard<sup>2</sup>. Туда же можно вывести данные от других систем, например из SAP. Для диагностики и мониторинга 1850 клапанов был установлен пакет ISAE. При помощи этих решений удалось перейти от системы периодического обслуживания к обслуживанию по состоянию, сократить время и число выездов на площадки, что в первый же год использования решения дало эффект в 60 тыс. евро. Также при помощи комплекса PRM+ISAE удалось оптимизировать обслуживание дорогостоящих кориолисовых расходомеров с экономическим эффектом в 40 тыс. евро/г.

#### Заключение

Мировой опыт использования решений Yokogawa показывает, что совместная работа PRM и ISAE позволяет снизить эксплуатационные расходы и риски, связанные с нарушением процесса и внеплановыми остановками, позволяет оптимизировать и систематизировать информацию, получаемую от полевого оборудования для более строгого и тщательного контроля состояния активов. Информация, получаемая из PRM и ISAE, может быть использована в качестве обоснования необходимости обслуживания оборудования и призвана помочь оптимизировать производство путем диагностики контуров регулирования.

#### Список литературы

1. *Гринлис Р., Хэйл С.* Оптимизация технического обслуживания и испытаний клапанов с использованием технологии акустической эмиссии // Автоматизация в промышленности. 2017. №10.
2. *Зилонов М.О., Шевченко А.Д.* Диагностика на базе регулирующих SMART-клапанов нового поколения // Автоматизация в промышленности. 2016. №10.

*Верева Владислав Олегович — сервисный инженер по решениям КИП компании Yokogawa.  
Контактный телефон 7 (495) 737-78-68.*

#### НОВЫЕ КНИГИ

Скляр В.В. *Обеспечение безопасности АСУТП в соответствии с современными стандартами.* Издательство «Инфра Инженерия». 2018. 384 стр.

Подробно рассмотрены требования к безопасности АСУТП международного стандарта МЭК 61508 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью», дана их интерпретация для практического воплощения. Последовательно раскрыты конкретные шаги, необходимые для получения сертификата соответствия МЭК 61508. Особое внимание уделено подготовке к сертификации, в том числе определению объекта сертификации, проектной инфраструктуры, плана и сметы затрат на выполнение работ. Рассмотрены требования стандарта, относящиеся к управлению безопасностью, предложены методы ее количественного оценивания и меры по ее обеспечению. Отдельно разобраны вопросы сертификации ПЛИС и применения методологии Assurance Case. Дан набор упражнений для закрепления навыков в области обеспечения и оценивания функциональной безопасности.

<https://infra-e.ru>

<sup>2</sup> Dashboard - приборная панель или информационный стенд, на котором в реальном времени отображаются контролируемые показатели.