

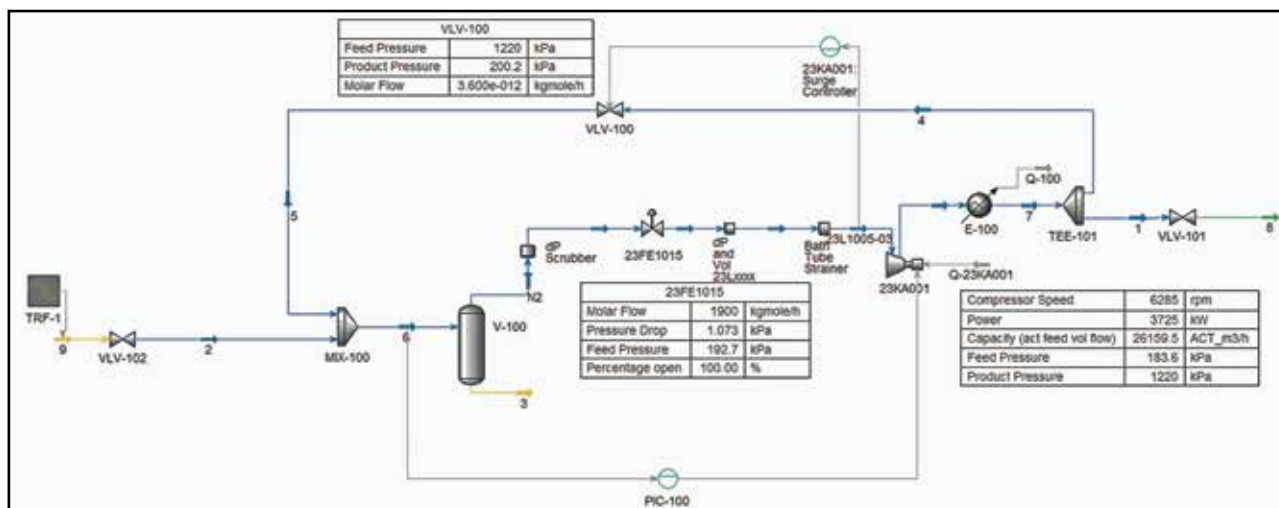
Использование динамического моделирования для защиты компрессорного оборудования

Комплексное динамическое моделирование процессов для сфер нефтегазодобычи, подготовки газа и нефтепереработки является важным фактором предотвращения отказов оборудования, приводящих к катастрофическим последствиям. Программные инженерные инструменты для динамического моделирования успешно применяются в условиях жестких требований к продукции благодаря возможностям для гибкого решения вопросов управления заводскими процессами и обеспечивают сокращение времени на запуск производства и повышение безопасности производственных процессов, а также позволяют предотвращать незапланированные простои. Применение этих инструментов способствует достижению максимальной производственной эффективности работы завода и снижению непроизводительных затрат времени.

Необходимость глубокого понимания технологического процесса

Углубленное понимание процесса является первым шагом к разработке эффективной стратегии управления. Инженер, планирующий управление технологическим процессом, должен провести анализ динамики процесса с учетом взаимодействия всех узлов и компонентов и всех переменных. Первые принципиальные модели (как статические, так и динамические) позволяют более детально понять динамику процесса и его взаимодействие с другими процессами, давая инженерам возможность оценивать и корректировать стратегии еще до их реализации. Применение динамического моделирования на ранних этапах проектирования помогает выявить важные проблемы в эксплуатационных





качествах и управлении и внести в проект соответствующие коррективы.

Компрессоры, используемые для повышения давления газа, необходимы во многих технологических процессах. Они являются весьма специализированными единицами оборудования и зачастую конфигурируются под конкретного заказчика, вследствие чего бывают достаточно дорогостоящими. Компрессоры работают в очень динамичных режимах. Это означает, что небольшое отклонение в режиме может быстро привести к нарушению устойчивой работы компрессора. Защита компрессоров от механических поломок имеет важное значение для повышения их эксплуатационной долговечности и обеспечения безопасной работы.

Когда нарушается устойчивый режим работы компрессора, он может подвергнуться воздействию такого явления, как пульсация. Это может привести к сбоям в его работе или еще более серьезным последствиям, таким как значительное повреждение компрессора, требующее замены оборудования. Кроме того, пульсация компрессора может стать причиной травмирования персонала, находящегося в непосредственной близости от агрегата, или выброса вредных и токсичных газов в пространство.

Проведение динамического моделирования может помочь в прогнозировании отклонений компрессора от устойчивого режима работы, которые могут вызывать его пульсацию. Также можно моделировать схемы управления динамикой работы компрессора, позволяющие предотвращать отклонения компрессора от устойчивого режима работы при возникновении нарушений в технологическом процессе на предприятии.

Первым шагом любого динамического моделирования является получение модели стабильного режима работы компрессора. Модель стабильного режима работы компрессора демонстрирует работу компрессора без каких-либо помех, или, другими словами, его идеальную работу при условии поддержания стабильных параметров технологического процесса. Для формирования модели стабильного режима работы компрессора при моделировании технологического процесса необходимо определить потоки на входе модели компрессора, а также одну из трех характеристик компрессора: перепад давления на компрес-

соре, степень повышения давления в компрессоре и уровень энергии, подаваемой в компрессор.

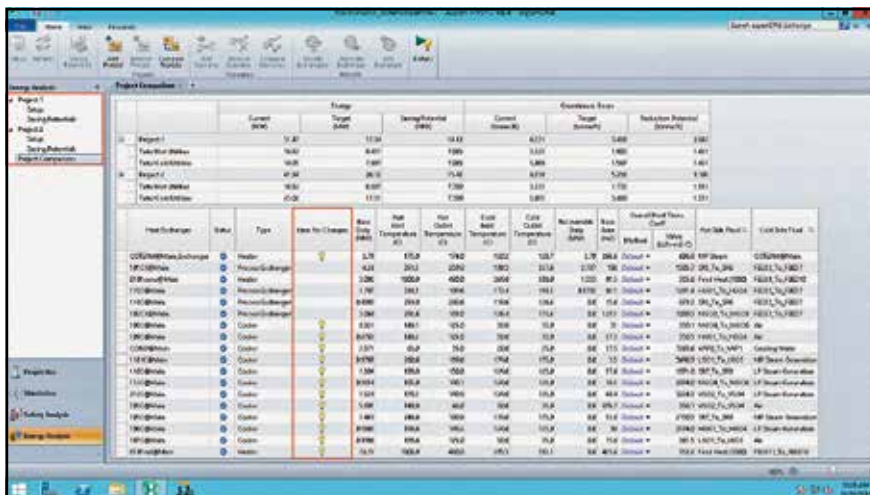
Моделирование технологического процесса

Компрессоры являются существенным элементом системы подготовки газа и аналогичных технологических процессов. Поэтому очень важно, чтобы модели включали в себя встроенный отклик на потенциальные нарушения в режиме работы, такие как пульсация компрессора. Динамические модели работы компрессора помогают оптимизировать проектную конфигурацию и рабочую производительность и позволяют осуществить такие мероприятия, как:

- ▶ анализ сценариев сбоев в технологическом процессе;
- ▶ добавление соответствующей схемы управления для должного реагирования на сбой в технологическом процессе;
- ▶ анализ обеспечения безопасности технологического процесса;
- ▶ конечная настройка параметров процесса для повышения результатов производства.

Многие инженеры-технологи используют комплексные решения (например, aspenONE от компании AspenTech) для обоснованного принятия решений и повышения уровня безопасности на основе разработанных моделей. В частности, приложение Aspen HYSYS Dynamics распространяет модели стабильного режима работы, построенные в Aspen HYSYS, в динамическую среду, обеспечивая возможность проектирования и проверки схем управления технологическим процессом, исследования уровня безопасности, определения диаметров и уровней срабатывания предохранительных клапанов, анализа отказов и разработки схем запуска, отключения и изменения режима работы. Технологи могут разработать модели стабильного режима и динамические модели в одной и той же среде моделирования, что значительно экономит время и усилия на выполнение этой работы.

Для динамической модели в Aspen HYSYS Dynamics формируются числовые и графические результаты, что позволяет выполнять детальный анализ по каждой за-



конченной модели. Многие факторы, негативно влияющие на работу компрессора, могут быть проанализированы в Aspen HYSYS Dynamics, включая снижение или увеличение скорости подачи сырья в компрессор, изменение состава или физических свойств сырьевого потока и т.п. Также могут корректироваться схемы управления и параметры, обеспечивая надежное управление работой компрессора в зависимости от потребностей пользователя. Aspen HYSYS Dynamics является мощным инструментом, который может применяться для безопасного и эффективного функционирования технологических компрессоров.

Инженеры могут расширить свои возможности для проектирования более безопасного и эффективно управляемого технологического процесса без необходимости избыточного проектирования. Для этого им необходимо освоить следующие функции:

- ▶ использование визуализации данных для оптимизации производительности;
- ▶ применение и проверку схем управления;
- ▶ планирование событий для анализа сценариев безопасности, запуска и т.д.;
- ▶ переход от моделей стабильного режима к динамичным моделям.

По некоторым данным, преимущество от использования динамического моделирования может выражаться в экономии до \$15 млн за счет оптимизации и ускорения методик запуска. Также возможность избежать проектирования избыточных компонентов в предохранительных системах может принести экономию до \$10 млн, повысить безопасность благодаря применению более эффективных методик эксплуатации, оптимизации системы управления и правильному подбору диаметров разгрузочных клапанов. Операторы могут добиться более эффективных проектных решений благодаря детальному анализу компромиссов между работоспособностью технологического процесса и его интеграцией.

Обеспечение безопасности и надежного управления

Получение детальной картины технологического процесса в динамике позволяет добиться значительного повышения уровня безопасности и надежности управления для многих производственных процессов

в нефтегазовой, нефтехимической и энергетической отраслях. Знание динамической реакции компрессора чрезвычайно важно при проектировании технологического процесса или управлении им, и инженерное ПО для создания динамических моделей является мощным инструментом, дающим возможность пользователям проводить динамическое моделирование для получения этой информации. Программные продукты для инженерного моделирования предоставляют множество опций для визуализации и табличного представления динамических характеристик оборудования и узлов управления, включая линейные диаграммы, таблицы и графики характеристик компрессора. При правильном совместном использовании Aspen HYSYS и Aspen HYSYS Dynamics можно избежать пульсации компрессора. Поэтому получение более детального представления об особенностях функционирования технологического процесса позволит избежать повреждения оборудования, сэкономить средства и, самое главное, сохранить жизнь и здоровье персонала.

Иллюстрирующие примеры

Компания Petronas

Petronas – нефтегазовая компания Малайзии, одна из крупнейших и наиболее прибыльных компаний в отрасли. Petronas эксплуатирует завод СПГ, на котором была проведена модернизация. При проектировании модернизации Petronas применил Aspen HYSYS Dynamics для проверки и подтверждения того, что новые условия эксплуатации и схемы управления, а также процедуры запуска и отключения не вызовут пульсацию какого-либо из используемых на заводе компрессоров.

Для этого в Aspen HYSYS Dynamics были построены модели, отражавшие реальную работу оборудования, компоновку трубопроводов и потенциальных схем управления. Petronas удалось воссоздать высокореалистичную имитацию работы узлов управления, использовавшихся компанией для предотвращения пульсации в компрессорах. Кроме того, сообщенные поставщиком оборудования и подтвержденные в ходе испытаний эксплуатационные характеристики осевых и центробежных компрессоров, устанавливаемых на заводе, были внесены в Aspen HYSYS Dynamics для детального прогнозирования поведения компрессора в различных ситуациях.

При исследовании планируемой модернизации было рассмотрено множество новых условий эксплуатации и сценариев отказов для заводского оборудования. Проведение динамического моделирования позволило протестировать эксплуатационные условия, чтобы убедиться в том, что они не приведут к перебоям в работе оборудования и в частности к возникновению пульсации в компрессорах. Анализ сценариев отказов позволял

технологам Petronas определить эксплуатационные ограничения компрессоров, а также конкретные обстоятельства, которые напрямую приведут к пульсации. Благодаря этой информации появилась возможность предотвращения таких случаев. Анализ сценариев отказов также позволил подтвердить правильность выбора диаметров разгрузочных клапанов для соответствия пиковым нагрузкам сброса.

При проведении динамического моделирования на некоторых участках технологического процесса было обнаружено, что в пропановом компрессоре на самом деле возникала пульсация после закрытия приемных задвижек на охлаждающем аппарате, а также при срабатывании криогенного теплообменника. Этот риск удалось быстро устранить благодаря тому, что он был выявлен на ранних стадиях проектирования, до монтажа оборудования. В целом свыше 45 различных сценариев, а также условий запуска и остановки технологического процесса были смоделированы и проанализированы методом последовательных приближений с использованием функции запланированных событий в Aspen HYSYS Dynamics. Применение Aspen HYSYS Dynamics для динамического моделирования планируемой модернизации завода в конечном итоге обеспечило более полную информацию о динамических рабочих характеристиках, которые должна иметь новая конфигурация завода.

Зная о потенциальных подводных камнях в технологическом процессе, технологи Petronas смогли подобрать более оптимальное оборудование и усовершенствовать методики его эксплуатации с тем, чтобы избежать возникновения катастрофических событий. А ключом к выявлению этих рисков стало проведение динамического моделирования с использованием ПО Aspen HYSYS Dynamics.

Компания Wood Group

Подразделение производственного сервиса международной компании Wood Group (Wood Group PSN) является консалтинговой группой, помогающей нефтегазовым компаниям повысить эффективность при решении различных задач – от разработки технологического процесса до эксплуатационной диагностики. В связи со сложным характером систем безопасности нефтегазовые компании часто доверяют Wood Group PSN проведение анализа системы безопасности.

Системы безопасности зачастую проектируются более консервативно, чем это необходимо, для обеспечения защиты от наихудших вариантов развития событий. Однако расчет наихудшего варианта событий дает слабое представление о фактических обстоятельствах процесса и не обеспечивает какой-либо детальной информации о том, как развивается процесс, приводящий к наихудшему варианту. Рабочие параметры и конфигурация систем безопасности могут быть существенно улучшены с помощью динамического моделирования, позволяющего получить информацию о фактической реакции технологических процессов на различные негативные факторы. По этой причине Wood Group PSN получила задание разработать динамические модели реакции на нарушения стационар-

ного режима аварийных систем, имеющихся на заводе, с конечной целью повышения безопасности технологического процесса. Для этого Wood Group PSN решила применить Aspen HYSYS Dynamics.

Была разработана комплексная модель Aspen HYSYS Dynamics для заводской системы безопасности с целью проанализировать отказы оборудования при возникновении отличных от штатного режима условий и оценить альтернативные конфигурации процесса, обеспечивающие повышение эффективности систем безопасности. Во многих созданных динамических моделях, где присутствовали компрессоры, были включены их эксплуатационные характеристики и кривые КПД, а также профили инерции и трения каждого компрессора для лучшего отображения в модели реального технологического процесса.

Исследование сценариев отказов позволило Wood Group PSN определить обстоятельства, при которых возникала пульсация компрессора, а также их влияние на уровень этой пульсации. Соответственно, это позволило повысить степень безопасности компрессорных установок до уровня, обеспечивающего защиту от возникновения пульсации. Использование динамического моделирования обеспечило повышение степени безопасности до необходимого уровня на основе прогнозирования реакций технологического оборудования и устранило необходимость в проектировании избыточных систем для гарантии полной защиты.

Была применена цветовая схема для динамического моделирования, облегчившая выявление накопления рабочего материала, приводившее к росту давления после возникновения сбоев. Определение мест образования пробок в технологической схеме способствовало предотвращению пульсации, поскольку нарушение стабильности потока является одной из главных причин возникновения сбоев. Кроме того, использование динамического моделирования устраняло необходимость включения перепуска для горячего газа, используемого для предотвращения отказов компрессора. Результатом корректировок проекта и уменьшения количества используемого оборудования стала экономия свыше \$3,2 млн при модернизации завода. Требование по наличию перепуска для горячего газа является одним из примеров избыточного проектирования, которое может быть выявлено при анализе наихудшего сценария событий для проектирования систем безопасности, а также того, как динамическое моделирование помогает определить излишние компоненты в системах безопасности.

Создаваемые в Aspen HYSYS Dynamics модели также были использованы в качестве основы для подготовки и обучения операторов и текущей оптимизации заводских систем. Получив более детальную картину работы завода, операторы могли более эффективно управлять технологическим процессом и предотвращать нарушения стабильного режима работы, а также знали, каким образом действовать при отклонениях от стабильного режима.

Николас Браунриг, руководитель подразделения Dynamics Product, компании AspenTech

14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ



ufi
Агрегат
Event



17-19
ФЕВРАЛЯ 2015
МОСКВА

**ТЕПЕРЬ
В КРОКУС ЭКСПО!**

Получите
электронный билет!
www.ndt-russia.ru

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC

Тел. +7 (812) 380 6002/00
факс +7 (812) 380 6001
e-mail: ndt@primexpo.ru

expo Coating

12-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ПОКРЫТИЯ И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ



17-19
ФЕВРАЛЯ 2015
МОСКВА

**ТЕПЕРЬ
В КРОКУС ЭКСПО!**

Получите
электронный билет!
www.expo coating.ru

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC

тел.: +7 (812) 380 6002/00,
e-mail: coating@primexpo.ru

При участии:



РХТУ им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество
им. Д.И. Менделеева
Московское химическое общество
им. Д.И. Менделеева
Российское общество гальванотехников