



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.Г. Тюрин, В.С. Кальницкий, Д.С. Буйновский,
Н.А. Вдовина (Компания "Пластик Энтепрайз")

Сформулированы особенности потенциально опасных ТП (ПОТП). Представлена модернизированная АСУТП производства высокоэнергетических композитных материалов (ВЭМ), реализованная с учетом методологии построения интеллектуального многоцелевого (безопасность, качество, производительность) управления ПОТП¹, разработанная компанией "Пластик Энтепрайз".

Ключевые слова: потенциально опасные ТП, АСУТП, высокоэнергетические композитные материалы.

Принципиальные соображения

Высокоэнергетические материалы (ВЭМ) представляют собой полимерные композиции, которые в отличие от природных и углеводородных топлив (нефть, уголь, дерево, газ) содержат в своем составе горючее и окислитель, поэтому для протекания восстановительных реакций (горения) не требуют внешнего окислителя, например, кислорода. Вследствие этого скорость выделения энергии в процессе горения ВЭМ существенно превышает таковую для углеводородных топлив. Как правило, индивидуальные компоненты композиций способны сами по себе к химическому превращению с высоким экзотермическим эффектом и последующим самовоспламенением, горением и детонацией, поскольку имеют в составе углеводороды и кислород. Причем температура начала разложения (термораспада) таких компонентов сравнительно невысокая, и даже в температурном диапазоне переработки в той или иной степени протекают процессы деструкции.

Производство ВЭМ и изделий из них является наиболее представительным классом потенциально опасных ТП (ПОТП). В большинстве своем это непрерывные и непрерывно-периодические пожаро-взрывоопасные процессы, сопровождающиеся, как правило, интенсивным тепло- и газовыделением. Им присущи также следующие специфические особенности: изготовление дорогостоящих и ответственных изделий; повышенные требования к их качеству; часто значительная длительность (до нескольких суток) производственного цикла изготовления; большое число параметров контроля, регулирования, сигнализации и блокировок; существенные транспортные запаздывания, обусловленные территориальной рассредоточенностью оборудования; нестандартность самого технологического оборудования и сложность протекающих в нем физических, химических, термомеханических, физико-химических и других процес-

сов, а также их динамических характеристик при нанесении управляющих воздействий; отсутствие в ряде случаев измерительной аппаратуры для контроля важных информативных параметров по причине специфических свойств перерабатываемого сырья и полуфабрикатов; многоцелевой характер ТП, требующий организации управления по нескольким антагонистическим критериям и др.

Наряду с этим необходимо отметить, что все перечисленные признаки и особенности являются причиной существования главного определяющего отличия ПОТП от неопасных: протекание в двух принципиально различных режимах — нормального функционирования и неустойчивом (предаварийном); при определенных условиях они могут входить в аварийный режим.

Нормальный режим характеризуется тем, что его "опасные" величины параметров (температуры, давления, энергозатрат и др.) находятся в регламентных пределах, оборудование и системы управления (СУ) исправны, а значения опасных параметров поддерживаются с помощью последних автоматически или вручную оператором ТП.

В предаварийном режиме значения опасных величин, параметров возрастают и выходят за регламентные границы. В прежнем состоянии они возвращаются лишь применением специальных защитных воздействий; если возврат не удастся, то наступает неуправляемый предаварийный режим (нештатная ситуация). Такие режимы могут возникнуть в результате отказов механизмов и приборов, воздействия резких неконтролируемых возмущений, недостаточности информации о сложных явлениях, происходящих в технологических аппаратах. Эти причины носят стохастический характер и могут иметь место при функционировании любого ТП, в том числе большинства химико-технологических.

Однако в случае реализации современного требования повышения эффективности производства пу-

¹ Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Жегров Е.Ф. Управление потенциально опасными технологиями. М.: Инфраинженерия. 2011.

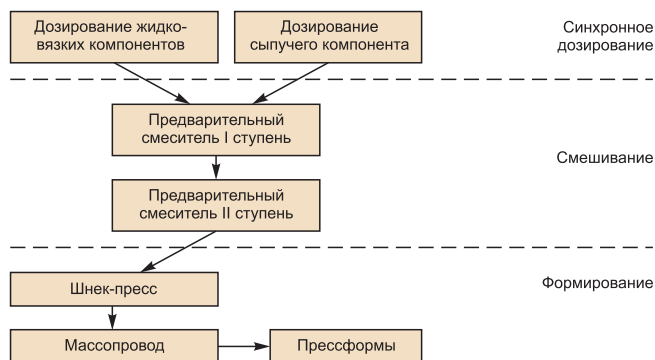


Рис. 1

тем интенсификации функционирования ТП, особенно потенциально опасных, возникает качественно другая ситуация. Дело в том, что границы зон интенсивного протекания и неустойчивости у этих ТП общие и имеют узкий диапазон. Зона неустойчивости опасна в отношении выхода ТП в аварийный режим. Поэтому при составлении технологических регламентов стремятся выбирать режимы, отдаляющие процесс от границ неустойчивости, что снижает интенсивность его протекания и, как следствие, технико-экономическую эффективность (из-за снижения производительности). Таким образом, создается проблемная ситуация, связанная с тем, что интенсификация и безопасность, как характеристические категории состояния ТП, антагонистичны по своей сути, то есть обеспечение безопасности входит в противоречие с требованием обеспечения качества и максимальной производительности.

Решить данную проблему традиционными методами не представляется возможным, так как она относится к классу недостаточно структурированных. Альтернативой является разработанная методология построения интеллектуального многоцелевого (безопасность, качество, производительность) управления ПОТП, положенная в основу представленной ниже системы, созданной сотрудниками компании Пластик Энтерпрайз и функционирующей на одном из предприятий специализированной отрасли с 2010 г.

Краткая характеристика объекта управления (ОУ)

Структурная схема ПОТП предприятия специализированной отрасли представлена на рис.1 Основное назначение ТП – получить монолитное, однородное по химическому составу и заданным по техническим свойствам изделие. Для этого необходимо обеспечить стабильное процентное соотношение всех компонентов, строго определенную загрузку (уровни) технологической массы в смесителях, температуру массы и другие параметры. Важнейшие требования при этом – безопасность ведения процессов и надежность работы оборудования, а также эффективные экономические показатели.

Технология автоматизируемого производства ВЭМ состоит из трех стадий: синхронное дозирование компонентов, смешение и формование изделий.

Синхронное дозирование обеспечивает равномерную пропорциональную подачу компонентов согласно технологическому регламенту. Сложность автоматизации состоит в измерении и компенсации колебаний дисперсности, плотности и текучести компонентов в зависимости от влажности внешней среды.

На стадии смешения требуется получить однородную массу во всем объеме изделия. Кроме того, необходимо также учитывать, что превышение регламентной температуры вызывает саморазогрев энергоемкой массы, чреватое аварийной ситуацией.

При формовании масса должна обладать необходимыми физико-химическими свойствами для равномерного заполнения пресс-форм. Особенностью данной стадии является приоритетное управление крутящим моментом шнек-пресса с контролем давления на выходе. Анализ зависимости мощности на валу от давления позволяет также прогнозировать ряд нештатных ситуаций при формовании.

ОУ представляет собой совокупность территориально распределенных последовательно соединенных специальных технологических аппаратов и устройств, в которых протекают сложные физико-химические потенциально-опасные непрерывно-периодические процессы. Общий объем информационных и управляющих сигналов составляет порядка 1000 ед.

Основные функциональные задачи СУ

До модернизации система была построена на жесткой релейной логике, устаревших приборах и вычислительной технике, что не позволяло осуществлять эффективное управление ТП по критериям обеспечения безопасности, надежности, качества и производительности. Выполнялись, в основном, информационные функции: контроль отдельных технологических параметров; сигнализация об их отклонениях от регламентных значений; контроль состояния оборудования и помещений; стабилизация температур теплоносителей и хладагентов на входе в технологические аппараты; некоторые блокировки и т.п. Управляющие функции являлись целиком прерогативой оператора-технолога и сводились к поддержанию в заданных пределах некоторых параметров ТП. Субъективный фактор был основным источником ошибок при выработке решений по управлению.

Модернизированная АСУТП обеспечивает выполнение основных целей и задач ТП при минимальном участии человека в процессах сбора, обработки и передачи информации, оперативном ведении процесса и абсолютном исключении участия человека в выполнении операций, сопряженных с опасностью для жизни.

Она является многофункциональной и решает (наряду со стандартным набором) следующий комплекс задач: централизованный контроль ТП; синхронизация дозирования компонентов; стабилизация оптимального химического состава; управление загрузкой смесителей; стабилизация температурных режимов, давления, уровней массы в аппаратах, ваку-

Безопасность - это самая опасная иллюзия.

Б. Кригер

ума и т.п.; оптимизация режимов формования; программное управление аппаратами; автоматическая синхронизация материальных потоков и координация работы технологических аппаратов; прогнозирование, распознавание и своевременное устранение нештатных ситуаций по безопасности и качеству; расчет оптимальных режимов ТП; оптимальное управление ТП в режиме РВ.

Реализация перечисленных задач позволяет объективизировать процедуру принятия решений с целью исключения субъективного человеческого фактора из контура управления. Это достигнуто благодаря созданной объектно-ориентированной интеллектуальной базе АСУТП, включающей результаты всесторонних исследований по идентификации процесса в статике и динамике, выбору информативных целевых параметров и количественных критериев безопасности и качества, а также разработанное специальное математическое, алгоритмическое и программное обеспечение. В результате реализовано многоцелевое управление по трем противоречивым критериям – достижение максимальной производительности при обеспечении безопасности производства и качества продукции. Объективизирована сама процедура управления процессом в режимах нормального функционирования ТП, предаварийном, штатном пуске и останове технологической линии.

Архитектура и состав АСУТП

В соответствии с решаемыми функциональными задачами программно-аппаратные и технические средства системы управления скомпонованы по принципу трехуровневой иерархической структуры. Техническая структура АСУТП представлена на рис.2

Передача данных осуществляется между соседними уровнями, ослабляя тем самым зависимости между крайними уровнями и позволяя изменять, дополнять и расширять их, не нарушая общей работоспособности.

Полевой уровень состоит из датчиков и исполнительных механизмов. Применение полевых шин на уровне полевого оборудования создает возможность гибкого обмена информацией между элементами системы, что повышает надежность в целом в случае от-

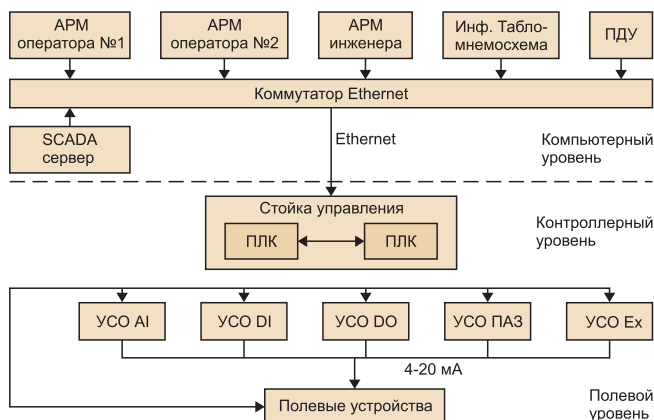


Рис. 2

казов линий связи. На текущий момент ценовая разница между датчиками с унифицированным аналоговым сигналом и с интерфейсом полевой шины не компенсируется преимуществами последних. Управление двигателями осуществляется частотными приводами и устройствами плавного пуска Emotron, позволяющими контролировать и регулировать момент на валу двигателя с точностью 5% по технологии векторного управления без датчиков крутящего момента. Кроме того, в ценовом аспекте продукция Emotron является наиболее дешевой.

Контроллерный уровень построен на программно-технической платформе фирмы Siemens с использованием контроллеров S-400, S-300 и выполняет функции обработки технологической информации и управления исполнительными механизмами с учетом целевых значений (уставок) параметров, получаемых от компьютерного уровня. В него входят устройства связи с объектами (УСО) и стойка управления с модулями центрального ПЛК. Средства автоматизации Siemens предоставляют наиболее широкий выбор специализированного контроллерного оборудования для АСУТП с взрывоопасными зонами.

Компьютерный уровень реализован на IBM PC совместимых компьютерах промышленного исполнения и выполняет функции отображения, архивирования параметров ТП и ведение информационной БД. В него входят АРМы операторов и инженера, информационное табло-мнемосхема, пульт дистанционного управления (ПДУ) и резервированный SCADA сервер.

АСУТП включает распределенную систему управления (PCУ) и систему противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ). Контур PCУ реализует технологические блокировки и защиту, в том числе технологические защиты из контура ПАЗ, но срабатывание контура PCУ всегда предваряет срабатывание ПАЗ.

С целью удешевления проекта системы функции PCУ и ПАЗ реализованы в одном резервированном контроллере, что обеспечивает гибкую организацию обмена данными между системами.



Рис. 3

Выбор технических средств АСУТП произведен, исходя из требований обеспечения высокой надежности, "горячего" резервирования, открытости аппаратной структуры и ПО при одновременной минимизации затрат на оборудование, его монтаж и наладку. Архитектура построения учитывает пространственное распределение объектов управления и компонентов системы, а также предусматривает возможность наращивания технических и программных средств.



Технические средства Рис. 4

контроллерного уровня

Модификация ПЛК Siemens HF серии S-400 обеспечивает аппаратное "горячее" резервирование и сертифицирована для применения в системах ПАЗ. ПЛК имеет модульное исполнение и располагается в стойке управления.

Использование распределенных периферийных УСО позволяет осуществить непосредственное подключение полевых устройств к модулям ввода/вывода сигналов со встроенным искрозащитным барьером, обеспечивающим взрывозащиту электрических маломощных цепей. УСО Siemens (ET200M, ET200iSP) смонтированы в шкафах с целью механической защиты дорогостоящего контроллерного оборудования (рис. 3).

УСО ET200M используются для установки обычных и искрозащитных модулей, а ET200iSP — для применения во взрывоопасных зонах. Установка УСО ET200iSP непосредственно во взрывоопасной зоне имеет следующие особенности:

- возможность снижения общих затрат на оборудование, монтаж и наладку по сравнению с традиционным удаленным расположением УСО в безопасной зоне;
- повышенная надежность линий связи за счет снижения числа контактных соединений;
- меньшая протяженность кабелей и их соединений, что косвенно упрощает модернизацию системы;
- установка возможна только в шкаф Exd исполнения;

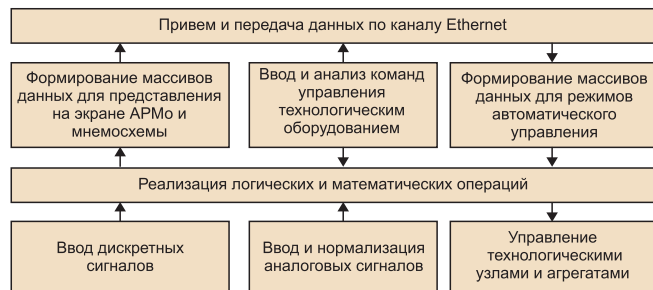


Рис. 5

- для персонала нет доступа к УСО при функционировании ТП. Данная особенность является важным моментом при согласовании с заказчиком. При наличии в составе РСУ датчиков, исполнительных и контроллерных устройств необходимо принимать во внимание, что доля вероятности отказа последних составляет менее 5%. К сожалению, датчики и исполнительные механизмы невозможно полностью расположить вне взрывоопасной зоны, хотя вероятность их отказа больше на порядок;

- организация связи стойки

управления с УСО ET200iSP предусмотрена протоколом полевой шины Profibus i485, требующим наличия искрозащитного блока, ограничивающего пропускную способность всей сети до 1,5 Мбит/с. Поэтому для подключения устройств, находящихся во взрывоопасной зоне, предусмотрена отдельная сеть Profibus.

Технические средства компьютерного уровня

АРМы операторов, АРМ инженера, информационное табло-мнемосхема, ПДУ и SCADA сервер расположены в помещении центрального пульта управления (ЦПУ).

АРМ оператора является клиентом сервера, предназначенным для обеспечения контроля над ТП и представления на экране параметров происходящего процесса в наглядной форме (в виде анимированных мнемосхем).

АРМ инженера, кроме того, позволяет осуществлять углубленную детализацию системы, не вмешиваясь в работу операторов. Любой АРМ можно использовать как тренажер в процессе обучения операторов.

Информационное табло-мнемосхема, выполненное на базе ЖК-панели, предназначено для визуализации параметров ТП на экране большой диагонали. Управление ТП через сенсорный ПДУ позволяет имитировать тактильный способ управления для упрощенного интерфейса с персоналом. Типовое решение ЦПУ представлено на рис. 4.

Связь SCADA сервера и стойки управления осуществляется посредством резервированной сети Ethernet.

Видеонаблюдение за ТП реализовано с помощью видеокамер с дистанционным управлением.

Представленная компоновка средств компьютерного уровня является технически оптимальной и поддерживает свободное расширение числа рабочих станций. Эргономика ЦПУ разработана в соответствии с действующими нормами и правилами, а также с учетом требований операторов ТП к визуализации и управлению ТП.

Программное обеспечение

Для программирования компонентов контроллерного уровня применена инструментальная система Simatic Step 7, поддерживающая языки программирования по стандарту МЭК 61131-3.

Структура ПО (рис. 5) является интуитивно понятной, его корректировки в период гарантийного обслуживания осуществляются компанией "Пластик Энтерпрайз" по требованию заказчика.

Прикладное ПО компьютерного уровня – SCADA-система WinCC, применение которой обусловлено широкими возможностями визуализации для построения операторских интерфейсов высокой степени сложности, развитой системой представле-

*Тюрин Олег Георгиевич - докт. техн. наук, директор-главный конструктор,
Кальницкий Вадим Семенович - канд. техн. наук, доц., зам. директора по науке,
Буйновский Денис Сергеевич и Вдовина Наталья Александровна - инженеры-программисты
компании "Пластик Энтерпрайз".*

Контактный телефон (8635) 24-41-50.

E-mail: plastic@plasticenterprise.ru [Http://www.plasticenterprise.ru](http://www.plasticenterprise.ru)

РАЗВИТИЕ PI SYSTEM НА ЗАВОДАХ ОАО "ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ"

С.И. Дорофеев, Р.М. Сибгатуллин (ОАО "Газпром нефтехим Салават")

Кратко рассмотрены этапы внедрения системы класса MES PI System на заводах ОАО "Газпром нефтехим Салават". Перечислены автоматизированные модули уже введенные в эксплуатацию, а также модули, которые предстоит внедрить.

Ключевые слова: MES, информационная система предприятия, единое информационное пространство.

Издревле известно, что "кто владеет информацией, тот владеет миром". Для успешного управления бизнес-процессами в нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических компаниях необходима достоверная и оперативная информация: о количестве и качестве сырья и товарных продуктов, о фактическом выполнении планов производства, о режимах ТП, о потреблении энергоресурсов, об экологической обстановке. Это те знания, которые обычно похоронены в бумажных отчетах и потому часто недоступны, ошибочны, неактуальны или утеряны.

Стратегией перспективного развития ОАО "Газпром нефтехим Салават" было определено внедрение интегрированной информационной системы предприятия (ИСП) – системы MES-уровня, позволяющей активно использовать производственные, технологические, экономические данные в режиме РВ в едином информационном пространстве.

Исторически сложилось так, что на различных технологических установках заводов ОАО "Салаватнефтеоргсинтез" (ныне ОАО "Газпром нефтехим Салават") в разные периоды времени были установлены разнородные АСУТП (Honeywell, Yokogawa, Siemens, ABB и др.). Кроме этого большая часть технологической информации о работе производства поступала из разнообразных источников (бумажные отчеты, телефонные переговоры, факсы, электронная почта, электронные данные различных форматов) часто с опозданием, информация могла быть противоречивой либо искаженной. При

этом возникала серьезная проблема сбора, хранения и представления этой информации в едином виде, обусловленная отсутствием единого информационного пространства предприятия. Это значительно затрудняло задачу осуществления оперативного управления производством в режиме РВ.

Проанализировав сложившуюся ситуацию, руководством компании пришло к выводу о необходимости создания единой ИСП, объединяющей информацию со всех технологических установок. Рассмотрев различные варианты реализации системы, сотрудниками предприятия был выбран программный пакет PI System компании OSIsoft (США) в качестве основы для построения ИСП.

PI System обеспечивает сбор, хранение и представление в едином формате технологических и производственных данных от различных SCADA-систем, PCSU, ПЛК, устройств ручного ввода, заводских лабораторий и т. п.; служит инструментом для анализа и оптимизации производственных процессов, а также для информирования подразделений предприятия, ответственных за контроль качества, состояние технологического оборудования, расчеты с поставщиками и заказчиками и т.п.

В 2007 г. был проведен пилотный проект по сведению материального баланса на базе производства стиролола. Для этих целей была опробована программа по сведению материального баланса SigmaFine на основе PI System. В результате полученных положительных