



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

О.Г. Тюрин (ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова, ООО фирма «Пластик Энтерпрайз»),
А.В. Куликов (МЦАИ РАН),
В.М. Шабалин (ФКП «Комбинат «Каменский»),
Д.В. Безуглов (ООО фирма «Пластик Энтерпрайз»)

Рассмотрены особенности реализации проекта АСУТП производством высокоэнергетических материалов (ВЭМ) методом литья под давлением, реализованного с использованием современного высоконадежного программно-технического комплекса компании Siemens.

Ключевые слова: высокоэнергетические материалы, метод литья под давлением, АСУТП, программное обеспечение, функциональные блоки управления, синхронное дозирование.

Введение

За последнее время в стране возрос спрос на высокоэнергетические материалы (ВЭМ) и повысились требования к качеству изготавливаемых из них изделий, которые весьма разнообразны как по химическому составу, так и по габаритно-массовым характеристикам. Конечным продуктом являются высоконаполненные полимерные композиционные материалы, содержащие неорганические окислители — основные источники кислорода, полимерные горючие — связующие, пластификаторы, высоко теплотворное металлическое горючее и другие добавки, придающие необходимые эксплуатационные свойства изделиям в зависимости от их назначения. В качестве неорганических окислителей обычно используют перхлорат аммония (ПХА). Полимерные горючие связующие (ПГС) — источники тепла или тепла и газов, которые выделяются при их взаимодействии с окислителями. ПГС, как правило, это высокомолекулярные полимеры с большим содержанием пластификатора [1, 2].

В технологическом процессе приготовления ВЭМ можно выделить четыре стадии: подготовка исходных продуктов, синхронное дозирование компонентов, смешение, формование изделий. Упрощенная структурная схема ТП приведена на рис. 1. На стадии подготовки сыпучих компонентов проводятся операции дробления, протирки, сушки, разделения на фракции с разными размерами частиц. Набранные в заданных соотношениях навески загружаются в бункер дозатора. Подготовка жидких и жидко-вязких материалов заключается в смешении пластификаторов с отвердителями, катализаторами, стабилизаторами горения и другими добавками, а также вакуумировании смеси для удаления воздуха и летучих веществ. Синхронное дозирование обеспечивает равномерную пропорциональную подачу компонентов согласно технологи-

ческому регламенту. На стадии смешения получают однородную массу ВЭМ, которая при формовании производит равномерное заполнение пресс-форм методом литья под давлением.

Основное назначение рассмотренного процесса — получить монолитное однородное по химическому составу и физико-химическим свойствам изделие. Для этого необходимо обеспечить стабильное заданное процентное соотношение всех компонентов, строго определенную регламентом загрузку полученной массы в смеситель и поддержание в заданных пределах большого числа различных параметров. Характерной особенностью производства ВЭМ является необходимость обеспечить изготовление изделий различных форм и масс при использовании одного и того же оборудования и быструю смену одной марки полимерных материалов на другую при достаточно жестких требованиях к единообразию эксплуатационных характеристик изготавливаемых изделий. С учетом данных условий на одном из предприятий отрасли спецхимии разработана и внедрена АСУТП на базе современного высоконадежного программно-технического комплекса.



Рис. 1. Упрощенная структурная схема ТП приготовления ВЭМ

Технические средства АСУТП

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. Структурно-функциональная схема реализованной АСУТП на сегодняшний день уже стала классической (рис. 2) и включает три уровня управления: полевой, контроллерный и операторский [3, 4].

Полевой уровень образуют датчики, преобразователи, исполнительные механизмы, приводы, установленные на технологическом оборудовании. Передача измеренных значений параметров верхним уровням и управляющих воздействий на исполнительные механизмы осуществляется унифицированными сигналами через соответствующие устройства согласования с объектом (УСО). В системе предусмотрен ввод/вывод более 800 аналоговых и дискретных сигналов.

Основу контроллерного уровня составляют два контроллера Simatic S7-400 (ПЛК 1 и 2), УСО, где размещены модули ввода/вывода сигналов, а также система противоаварийной защиты (ПАЗ) на контроллере Simatic S7-300 серии F. УСО и ПЛК связаны между собой по сети Profibus DP. Обмен информацией между ПЛК и элементами нижнего уровня осуществляется по двум независимым каналам и при неисправности одного из них без потери данные передаются по дублирующему каналу.

Система ПАЗ дополнительно обеспечивает безопасность ведения ТП независимо от работы основного ПЛК.

Операторский уровень включает АРМ оператора (АРМ 1, 2) и инженера (АРМИ). Каждое рабочее место включает ПК промышленного исполнения под управлением ОС Windows и два монитора. Кроме того, в состав рабочих мест входит принтер и общая для всех АРМ мнемосхема на базе ЖК-панели.

Программное обеспечение

Для управления аппаратными средствами системы автоматизации разработано прикладное ПО, которое состоит из двух основных частей: ПО контроллерного и ПО верхнего (операторского) уровня. Программное обеспечение верхнего уровня разработано средствами SCADA-системы WinCC и обеспечивает широкую возможность визуализации для построения операторских интерфейсов, развитую систему представления трендов процесса, архивирование технологических параметров, регистрацию событий и генерацию отчетов. Индикация технологических параметров и состояния оборудования производится на мониторе АРМ оператора. Для наглядного отображения информации разработаны экранные формы, на которых изображены технологические аппараты со всеми параметрами, характеризующими его работу, в физических единицах измерения. Период обновления информации на экране монитора выбран, равным 1 с. На каждой экранной форме предусмотрена возможность отображения блокировок, аварийных сообщений и графического представление трендов.

Особенностью данного проекта, как и многих других в данной отрасли промышленности, является наличие большого числа приводных механизмов с различным набором управляющих и контролируемых их состояние сигналов. Это вызвало определенные трудности при создании программы контроллерного уровня. Прежде всего, сложность состояла в разработке большого числа управляющих блоков, каждый из которых требовал отладки на объекте в установленные сроки создания и запуска проекта. Для реализации управляющей программы было выбрано инструментальное средство разработки STEP7 Professional фирмы Siemens, которое также входит в программный комплекс PCS 7, включающий набор библиотек с уже описанными блоками управления оборудованием. Однако его применение не позволяло воспользоваться большей частью стандартных библиотек в силу

невозможности осуществить их модификацию. Анализ различных вариантов схем управления привел к созданию семи универсальных алгоритмов для управления всеми исполнительными механизмами в данном производстве. Разработанные универсальные блоки конфигурируются в зависимости от необходимого числа выходных управляющих сигналов, числа установленных датчиков, контролируемых состояние оборудования, и многих других параметров. В силу универсальности программные блоки получились достаточно большого объема, что привело к повышению требований к скорости работы контроллера, объему



Рис. 2. Структурно-функциональная схема АСУТП

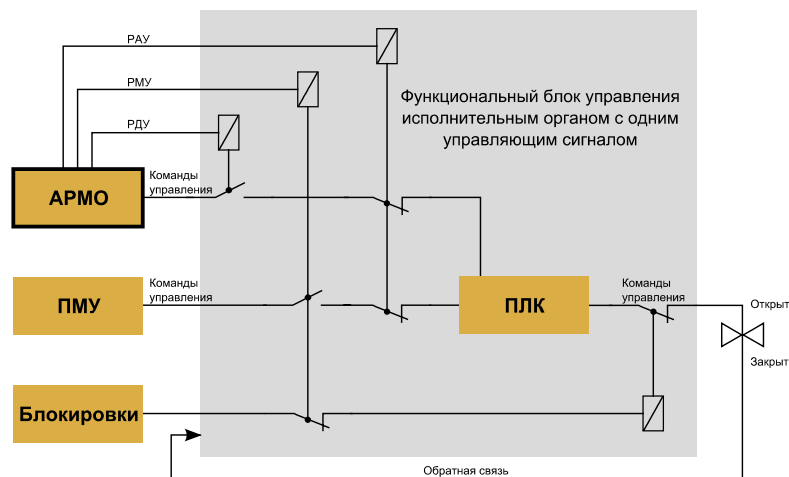


Рис. 3. Структурная схема функционального блока управления исполнительным органом с одним выходным дискретным управляющим сигналом

его рабочей и загрузочной памяти. Однако выбранный ПЛК имеет необходимое быстродействие и объем памяти, что делает возможным применение таких управляющих блоков. Кроме того, данный тип ПЛК позволяет построить резервированную систему повышенной надежности, которая соответствует всем требованиям, предъявляемым как со стороны ПО, так и со стороны обеспечения надежности управления опасным ТП.

По требованию заказчика предусмотрена возможность управлять оборудованием в дистанционном, местном и автоматическом режимах. Дистанционный режим обеспечивает управление из SCADA-системы, которая установлена на рабочем месте оператора. На этапе подготовки производства к запуску с реальными продуктами в дистанционном режиме предусмотрена возможность отключения технологических блокировок, которые не позволяют включить для проверки то или иное оборудование. Местный режим предоставляет персоналу доступ к управлению непо-

средственно с пультов управления, которые располагаются вблизи управляемых устройств, без технологических блокировок. Автоматический режим исключает вмешательства оператора в процесс управления. Оборудованием управляет контроллер, выполняя заданную последовательность команд в соответствии с алгоритмом.

Разработанные универсальные функциональные блоки управления способны реализовать команды оператора, контроллера, пультов местного управления (ПМУ). В качестве примера на рис. 3 приведена структурная схема функционального блока управления исполнительным органом с одним выходным дискретным управляющим сигналом. С рабочего места оператора выбирается режим: РДУ — дистанционного, РАУ — автоматического и РМУ — местного управления. На блок управления заводятся

команды с АРМО, ПЛК и ПМУ. В зависимости от состояния блокировок и других совокупных факторов блок принимает решение на формирование управляющего сигнала и изменение состояния управляющего механизма.

Для повышения безопасности производства ВЭМ разработана система блокировок, представляющая отдельный программный блок, выходной сигнал которого с наивысшим приоритетом влияет на работу управляющих блоков оборудования. Срабатывание блокировки приводит к изменению состояния оборудования, даже если этому противоречат другие управляющие сигналы. Так, например, «блокировка запрета включения двигателя мешалки реактора» срабатывает при возникновении одной из трех причин: не открыт клапан охлаждающей жидкости двигателя, не закрыта крышка реактора, здание не переведено в дистанционный режим работы. При возникновении любой из причин данная блокировка будет сбрасывать управляющее воздействие на включение, принудительно выключая двигатель.

Если блокировка критична к вниманию оператора, то он должен выполнить операцию по ее сбросу вручную, даже если причина, которая привела к ее срабатыванию, уже давно исчезла. Принудительно могут сниматься только технологические блокировки, влияющие на ход производственного процесса, обеспечивая его безопасность или снижение выпуска брака. В программе также предусмотрена возможность автоматического снятия некоторых блокировок. Срабатывание такой блокировки запускает алгоритм приведения исполнительного механизма в безопасное состояние, после чего блокировка сбрасывается, а на монитор оператора выводится соответствующее сообщение.

Программное управление синхронным дозированием

Качество и основные энергетические характеристики готовых изделий зависят не только от соблюдения технологий подготовки компонентов ВЭМ,

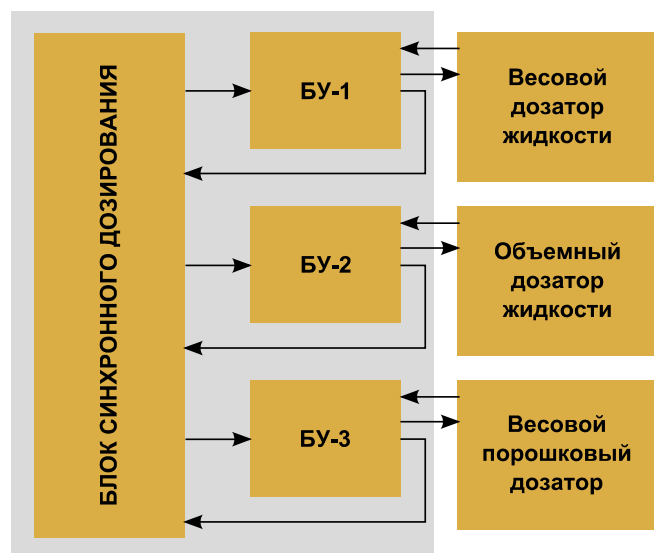


Рис. 4. Структурная схема управления дозированием

но также от точности и своевременности их дозирования в смеситель. Для приготовления полимерных материалов используются различные по своим агрегатным состояниям вещества, дозирование которых производится разными по устройству и принципу действия дозаторами. Так, дозирование сыпучих компонентов осуществляется весовым порошковым дозатором, жидких низковязких — объемным жидкостным дозатором, а высоковязких — весовым жидкостным дозатором. Структурная схема управления дозированием приведена на рис. 4. Перед запуском любого дозатора с пульта оператора задаются вес порции, число циклов дозирования, минимальная и максимально допустимая длительности цикла. Для получения однородного по составу продукта его необходимо дозировать относительно небольшими порциями с определенным временным интервалом, который определяет минимальную длительность цикла. При возникновении отклонений в процессе дозирования его длительность может значительно возрасти и привести к аварийным ситуациям, поэтому оператор задает и максимально допустимую длительность цикла. Управление процессом дозирования осуществляется с помощью функциональных блоков управления (БУ), которые учитывают особенности алгоритма работы каждого дозатора. Пуск сопровождается появлением на экране оператора соответствующего сообщения о выбранном режиме работы, запуском таймера контроля длительности цикла с индикацией этапов набора, готовности и выдачи заданного веса порции. При этом оператор имеет возможность постоянно контролировать текущее значение веса, величину ошибки предыдущего цикла, заданный суммарный и фактически выданный вес, а также процент выданного компонента по отношению к суммарному весу. Все блоки управления обеспечивают выполнение команд, поступающих с пульта оператора, от управляющего контроллера или с местного пульта управления в режимах раздельного или синхронного дозирования. Перед запуском ТП производится отработка дозирующих устройств. Для этого дозаторы поочередно переводятся в раздельный режим управления. При этом дозатор выдает несколько порций, вес каждой из которых контролируется с применением эталонных весовых приборов с вычислением средней погрешности. Для уменьшения величины ошибки производится регулировка механизмов дозирования, и процесс повторяется до получения допустимой величины погрешности.

Основным режимом дозирования является синхронный, который обеспечивает непрерывность ТП производства полимерной массы при циклической работе отдельных дозаторов. Синхронизация работы дозаторов обеспечивается управляющей программой, которая формирует сигнал начала дозирования на все БУ дозаторов. После набора заданной дозы БУ формируют сигналы готовности, которые передаются в блок синхронизации. Только при готовности всех дозаторов

к выдаче набранной порции, нормальном режиме работы смесителя непрерывного действия и отсутствии срабатывания защитных блокировок блок синхронного дозирования дает разрешение на выдачу. При запаздывании одного из дозаторов на время, не превышающее максимальную длительность цикла, выдача готовых порций задерживается до готовности опаздывающего аппарата. Превышение максимально допустимой длительности цикла приводит к остановке процесса дозирования, а блок синхронного дозирования генерирует оператору сообщение об ошибке с занесением в архив и электронный журнал. Регламент производства некоторых изделий в режиме синхронного дозирования предусматривает возможность загрузки смесителя несколькими порциями жидких компонентов и только при смачивании оборудования добавлять порошкообразные. Как правило, число пропущенных циклов выдачи сыпучих компонентов не превышает двух порций. Реализация такого режима работы осуществляется оператором со своего рабочего места подачей соответствующей команды БУ, который формирует сигнал задержки на выдачу порций порошкообразных компонентов, после чего все дозаторы переходят к синхронному дозированию. Очевидно, что при этом возникает необходимость в постепенной компенсации пропущенных порций. Практика показала, что этот процесс должен начинаться не ранее пятого цикла и продолжаться до полной компенсации пропущенного веса. Число циклов компенсации определяется заданным весом порции, а также допустимым верхним пределом дозируемого веса и может составлять порядка десяти. Программа, управляющая работой дозатора, позволяет оператору задать номера циклов начала и конца такой коррекции.

После пропуска заданного числа циклов весовой дозатор выдает первую порцию в соответствии с заданием оператора и по ее фактическому весу производит коррекцию ошибки, вычисляя новое задание для следующего цикла. Работа в таком режиме ведется пока число выполненных циклов меньше заданного номера начала коррекции. С началом коррекции, исходя из невыданного в пропущенные циклы веса и определенного оператором числа циклов коррекции, определяется вес добавочной порции, и с учетом этой добавки рассчитывается новое задание. После выдачи последней порции компенсации дозатор переходит в режим коррекции только ошибки дозирования.

Заключение

Производство ВЭМ представляет собой достаточно сложный процесс непрерывной переработки потенциально пожароопасных и взрывоопасных продуктов в дорогостоящие и ответственные изделия с определенными физико-механическими характеристиками, зависящими от большого числа режимных параметров. В таких условиях единственной альтернативой является организация АСУТП на базе совре-

менного высоконадежного программно-технического комплекса, включающего ПЛК и промышленные компьютеры.

Разработанное ПО операторского уровня позволяет не только решить задачи оптимального управления процессом, но и повысить безопасность за счет снижения влияния человеческого фактора, обеспечить высокую скорость реакции на нештатные ситуации, прогнозировать и устанавливать причины их возникновения.

Управляющая контроллерная программа решает задачу обработки технологической информации и управления исполнительными механизмами с учетом значений параметров, получаемых от компьютерного уровня, обеспечения синхронной работы всех дозаторов, работающих в циклическом режиме, для реализации непрерывного процесса производства

изделий с автоматической коррекцией веса порции сыпучих и жидко-вязких компонентов.

Список литературы

1. Фиошина М.А., Русин Д.Л. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив: Учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2004. 264 с.
2. Жегров Е.Ф., Милехин Ю.М., Берковская Е.В. Химия и технология баллистных порохов, твердых ракетных и специальных топлив. Т. 2. Технология: Монография. М.: РИЦ МГУП им. И. Федорова. 2011. 551 с.
3. Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Жегров Е.Ф. Управление потенциально опасными технологиями. М.: Инфра-Инженерия. 2011. 288 с.
4. Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Буйновский Д.С., Вдовина Н.А. Автоматизация потенциально опасных технологических процессов и производств высокоэнергетических композитных материалов // Автоматизация в промышленности. 2011. №6. с. 55.

Тюрин Олег Георгиевич — д-р техн. наук, профессор кафедры МиГПА ЭМФ ЮРГПУ(НПИ) им. М. И. Платова, директор-главный конструктор ООО фирма «Пластик Энтерпрайз»,

Куликов Александр Вениаминович — канд. техн. наук, заместитель директора по научной разработке МЦАИ РАН,

Шабалин Владимир Михайлович — зам. главного инженера ФКП «Комбинат «Каменский»,

Безуглов Дмитрий Валерьевич — начальник сектора разработки и анализа IT-решений для автоматизации ООО фирма «Пластик Энтерпрайз». Контактный телефон (8635) 24-41-50 E-mail: plastic@plasticenterprize.ru

Mitsubishi Electric разработала самый компактный в мире карбидкремниевый инвертор для гибридных автомобилей

Корпорация Mitsubishi Electric создала рабочую модель ультракомпактного карбидкремниевого (SiC) инвертора для гибридных автомобилей объемом всего в 5 литров. На настоящий момент инвертор Mitsubishi Electric обладает наибольшей удельной мощностью среди аналогов - 86 кВт/л. Такой рекордный показатель достигнут за счет применения силовых полупроводниковых, полностью карбидкремниевых модулей, которые превосходно рассеивают тепло. Старт серийного производства инверторов для гибридных и полностью электрических автомобилей планируется в 2021 г.

Новый SiC инвертор от Mitsubishi Electric сочетает ряд отличительных особенностей. Во-первых, ультракомпактный корпус позволит существенно сократить пространство, занимаемое электрооборудованием в электромобиле. Кроме того, в этом устройстве Mitsubishi Electric использует уникальную конструк-

цию для рассеивания тепла, обладающую надежностью за счет применения паяного соединения силового полупроводникового модуля и радиатора.

Новая модель должна удовлетворить растущий рыночный спрос на гибридные автомобили в связи с непрерывным ужесточением требований, предъявляемых к энергоэффективности двигателей.

Mitsubishi Electric продолжит работу в этой области для запуска ультракомпактных карбидкремниевых инверторов в массовое производство к 2021 г..

Разработка изделия проходила при поддержке японской Организации по развитию новых энергетических и промышленных технологий (NEDO). Подробная техническая информация была представлена на Общенациональной конференции Японского института инженеров-электриков (IEEJ) в марте 2017 г.

[Http://MitsubishiElectric.com](http://MitsubishiElectric.com) и MitsubishiElectric.ru

ПКНМ внедряет RFID-метки для нефтегазового оборудования с подключением к системе Go-Base

Установку системы радиочастотной идентификации (RFID) нефтегазового оборудования предлагают "Пермская компания нефтяного машиностроения" совместно с компанией "Горизонты роста". По RFID-метке можно считывать механические свойства буровой трубы, отслеживать все произведенные с ней операции, историю ремонтов, а также ее местонахождение.

Потребность нефтесервисных и нефтедобывающих компаний во ведении электронных паспортов и контроля оборудования с помощью RFID диктует необходимость реализации таких систем у производителей оборудования. ПКНМ устанавливает RFID-метки в оборудование с выгрузкой информации о каждом изделии в портал Go-Base.com с привязкой к метке. Go-Base —

база электронных паспортов, учетных и технологических карт ремонтов, где по уникальному номеру можно отследить индивидуальную историю объекта. Далее покупатель оборудования использует решение Go-RFID, которое позволяет увеличить срок эксплуатации и межремонтный период бурового оборудования. Go-RFID интегрируется с 1C, SAP и другими системами управления предприятием.

Новая продукция уже востребована нефтесервисными и вертикально-интегрированными нефтяными компаниями и будет представлена потенциальным заказчикам в "Сургутнефтегазе". Для этого созданы выставочные образцы с установленными RFID-метками.

[Http://www.soyuzmash.ru](http://www.soyuzmash.ru)