

АСУТП ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ВИНИЛХЛОРИДА

Л.А. Калашникова (ЗАО "Синетик")

Описаны этапы проектирования и реализации АСУТП полимеризации винилхлорида (ВХ), реализованного и введенного в эксплуатацию специалистами компании "Синетик" (г. Новосибирск).

Поливинилхлорид (ПВХ) получают радикальной полимеризацией ВХ суспензионным методом в водной среде в присутствии нерастворимых в воде инициаторов. Процесс полимеризации ВХ разбит на две основных технологических стадии:

- приготовления водной фазы. Отделение предназначено для приготовления и дозирования в реакторы полимеризации растворов метоцела, клуцела, ПВС, МОПЦ, перекиси водорода, обессоленной воды, шпана-20. Кроме этого, оно обеспечивает стадию полимеризации водой для дополнительной дозировки, очистки реакторов, дегазаторов, обратных холодильников, емкостей, для заполнения линии выгрузки суспензии из реакторов и дегазаторов, для промывки клапанов; затворной водой для торцевых уплотнений насосов, мешалок и предохранительных устройств;

- полимеризации ВХ, которая осуществляется периодически способом в семи реакторах вместимостью 200 м³ каждый. Реактор снабжен рубашкой для подогрева и охлаждения и обратным холодильником, расположенным непосредственно на реакторе. Для перемешивания реакционной массы реактор снабжен импеллерной трехлопастной мешалкой с нижним приводом. Для уплотнения вала мешалки служит торцевое уплотнение, в которое подается обессоленная затворная вода и масло под давлением азота. Масло подается агрегатом смазки (маслостанцией).

Особенности АСУТП

- Основная особенность АСУТП исходит из наличия общего для всех семи реакторов полимеризации оборудования. На семь реакторов полимеризации имеются: одна станция дозирования водной фазы из восьми компонентов, одна линия дозирования ВХ из двух компонентов, две линии дополнительного (и аварийного — в экстренных случаях) дозирования обессоленной воды, две линии дозирования пеногасителя, две линии подачи воды высокого давления для семи устройств гидроочистки реакторов, три выгрузные линии, один газгольдер, одна емкость аварийной конденсации ВХ.

Таблица. Число сигналов

Тип сигнала	Стадия приготовления водной фазы	Один реактор стадии полимеризации ВХ	Всего
Аналоговые входы Р100, ед.	42	7	91
Аналоговые входы 4...20 мА, ед.	—	6	42
Аналоговые выходы, ед.	1	2	15
Дискретные входы/выходы, ед.	204/80	55/35	589/325+200
Импульсные входы, ед.	20	—	20

- Процесс управления реакторным циклом полимеризации ВХ последовательный и состоит из пяти независимых фаз, разбитых на шаги. Основные фазы полимеризации ВХ: дозирование водных компонентов, дозирование ВХ, полимеризация, выгрузка и чистка реактора. Оператор-технолог может запускать реактор с любой фазы. Допускается одновременная работа всех семи реакторов, но не более четырех на полимеризации (ограничение определяется емкостью аварийной конденсации).

- Гибкость установки в получении смолы различных марок достигается использованием различных рецептов. Существует большое число (>30) рецептов полимеризации ВХ, каждый из которых характеризуется набором из 66 пунктов (параметров, определяющих ход процесса полимеризации). Параметрами рецепта задаются требования к основным технологическим параметрам процесса (температура и давление в реакторе, допустимые отклонения), количества загружаемых компонентов, количество и время начала дозирования пеногасителя и дополнительных дозирования воды, допустимые количества воды для аварийных дозирования, максимальное время полимеризации, а также возможные ветвления процесса (выполнять или нет подъем температуры в конце полимеризации, какую схему дополимеризации использовать и т.д.).

- Отсутствие исходных данных, понятно описывающих последовательный процесс полимеризации ВХ. Заказчик предоставил только алгоритмы (фактически листинг) программы, реализованной на старой системе. При этом некоторые участки кода уже давно не использовались, так как программа постоянно модернизировалась.

- Производство ПВХ является взрывопожароопасным и включает блоки I категории взрывоопасности в соответствии с "Общими правилами взрывобезопасности" ПБ-09-170-97.

- Электропитание: особая группа I категории в течение 30 минут, а дублирующих средств контроля и управления — в течение 2 часов;

- АСУТП должна включать как функции АСУТП, так и функции системы противоаварийной автоматической защиты и должна обеспечивать выполнения в полном объеме требований ПБ-09-170-97.

Структура АСУТП

Структура реализованной системы изображена на рис. 1. Резервированный контроллер на базе CPU417-4Н предназначен для реализации функций управления и противоаварийной защиты стадии полимеризации (семь реакторов полимеризации), а также для управления общим оборудованием стадии

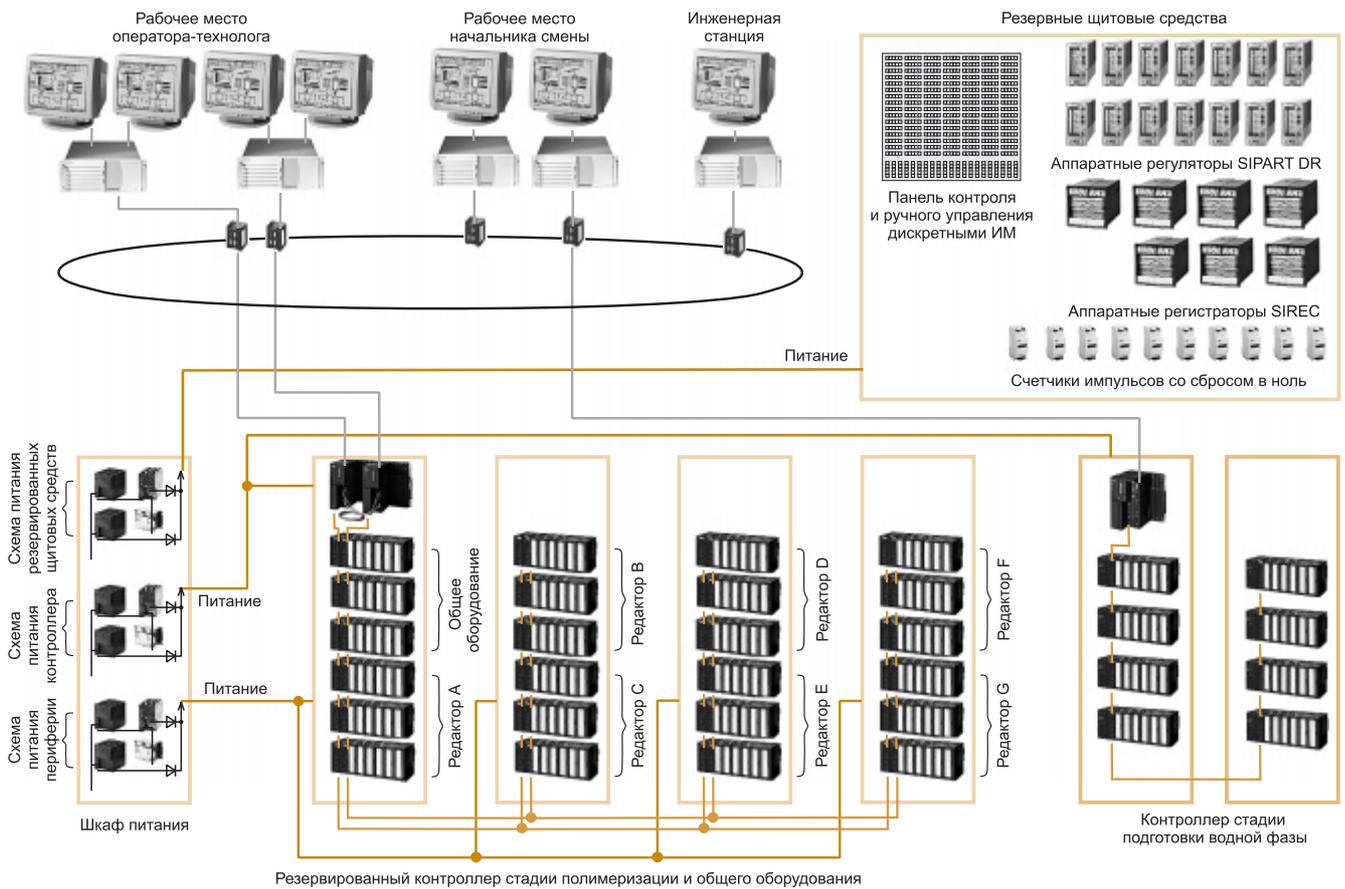


Рис. 1. Структура АСУТП

приготовления водной фазы, необходимым для последовательного процесса полимеризации.

Контроллер на базе CPU416 предназначен для управления оборудованием стадии приготовления водной фазы, которое напрямую не участвует в последовательном процессе полимеризации ВХ и может считаться независимым, то есть останов этого оборудования не может повлиять на процесс полимеризации.

Модули ввода/вывода устанавливаются на устройствах децентрализованного ввода/вывода ET200M, которые подключаются к CPU по высокоскоростному каналу передачи данных Profibus DP. Для резервированного контроллера стадии полимеризации используется резервированная переключаемая децентрализованная периферия.

Реализация системы противоаварийной защиты

Система противоаварийной защиты (ПАЗ) процесса полимеризации ВХ реализована в программе резервированного управляющего контроллера. Резервированный контроллер на базе CPU417-4N обладает очень высокой надежностью за счет дублирования различных компонентов (CPU, блок питания, интеллектуальные модули связи и пр.). Также в составе контроллера имеется мощная система самодиагностики, позволяющая зафиксировать большинство возможных неисправностей. В случае возникновения неисправности какого-либо компонента контроллер автоматически переключает работу на резервный компонент.

Несмотря на высокую отказоустойчивость резервированного контроллера и мощную встроенную систему самодиагностики, реализована также дополнительная внешняя система ПАЗ на базе релейной логики. Внешняя система ПАЗ выполняет диагностику исправности управляющего контроллера и, в случае его неисправности, переводит систему (реакторы полимеризации) в безопасное состояние.

Предусмотрена также кнопка аварийной остановки "NOT AUS" – полное отключение контроллера от управления процессом. Аналогичные переключатели "NOT AUS" предусмотрены по месту для каждого дискретного исполнительного механизма для возможности отключения контроллера от управления механизмом.

Фатальная неисправность контроллера (в том числе и программы), при которой невозможно дальнейшее управление процессом работы всех реакторов и стадий подготовки водной фазы, диагностируется внешней схемой ПАЗ, которая после обнаружения фатальной неисправности контроллера переводит установку в безопасное состояние. При этом часть ИМ остается в текущем положении, другая часть закрывается (клапаны) или останавливается (механизмы).

Механизмы, для которых безопасным состоянием в случае отказа управляющего контроллера является сохранение последнего состояния, оснащены поляризованным реле. Такое реле состоит из двух обмоток, управляемых соответственно двумя различными дис-



Рис. 2. Резервные щитовые средства контроля и управления

клетными выходами контроллера, которые переключают якорь реле в одно из двух устойчивых положений. Удержание якоря в каждом из устойчивых положений при отсутствии управления на обоих выходах контроллера производится постоянными магнитами.

Для гарантированного обесточивания дискретных выходов контроллера в случае неисправности модуля дискретного вывода или самого контроллера используются F-модули дискретных выходов. Эти модули имеют схему обратного чтения и при появлении любой неисправности модуля (в том числе и при пробое выходного канала на +L до диода) дискретные выходы будут гарантировано обесточены.

Для гарантированной возможности управления ИМ в случае отказа дискретного выхода используется резервирование дискретных выходов. При этом резервированные выходы располагаются на разных модулях разных линеек ET200M. Имеющиеся в составе F-модулей дискретных выходов диоды позволяют упростить схему резервирования управляющих выходов.

Для основных параметров, определяющих ход процесса полимеризации ВХ (температура и давление в реакторах), используется резервирование датчиков. На каждый реактор предусмотрено резервирование датчика температуры и датчика давления в реакторе. В случае неисправности одного из датчиков программа автоматически переключает регулирование и противаварийные программы на работу от исправного датчика. Также диагностируются показания датчиков на допустимое расхождение показаний. В случае большого расхождения программа формирует оператору-технологу предупреждающее сообщение. В этом случае оператор-технолог с операторской станции может выполнить переключение на другой датчик.

Резервные щитовые средства контроля и управления

Для возможности дальнейшего доведения процесса полимеризации (в случае полного отказа управляющего контроллера) предусмотрены резервные щитовые средства контроля и управления:

- панель контроля и управления дискретными ИМ, предназначенная для отображения и управления дискретными ИМ помимо (например, в случае отказа) контроллера. Панель состоит из кнопок с фиксацией с лампами. Лампы служат для отображения текущего состояния всех основных механизмов. На лампы заводят-

ся сигналы непосредственно с исполнительных механизмов, поэтому отображение состояния механизмов производится независимо от состояния контроллера. Контакты кнопок подключены параллельно управляющим контактам контроллера. Таким образом, имеется возможность управления основными механизмами в случае отказа контроллера, а также при работающем контроллере для управления механизмами, которые контроллер в данный момент времени не включает;

- регистраторы SIREC, позволяющие регистрировать значения основных аналоговых параметров даже в случае отказа контроллера;

- аппаратные регуляторы SIPART с интерфейсом Profibus DP, в случае отказа контроллера продолжающие регулирование температуры в реакторе в автоматическом режиме (при необходимости могут быть переключены оператором в ручной режим);

- индикаторы показаний импульсных счетчиков, позволяющие производить необходимые дозировки любых компонентов без участия CPU.

При устранении неисправности и перезапуске управляющего контроллера в течение не более трех минут выполняется автоматическое продолжение ведения процесса от управляющего контроллера с точки останова. При большем перерыве реакцию системы по каждому работавшему до останова контроллера реактору определяет оператор-технолог. При этом возможны два варианта:

- продолжение ведения процесса с точки останова. В этом случае программа контроллера формирует команды управления механизмами в соответствии с теми, которые они имели до аварийной остановки контроллера;

- ручное доведение процесса на данном реакторе оператором-технологом до следующей фазы с резервных щитовых средств; со следующей фазы – продолжение ведения процесса системой автоматизации. В этом случае контроллер формирует команды на отключение всех механизмов, что позволяет оператору вести дальше управление ИМ (в том числе и выключать их без использования переключателей "NOT AUS" механизмов) с резервных щитовых средств. Со следующей фазы оператор-технолог запускает автоматическое ведение процесса от контроллера.

Допустимым также является ситуация, когда после устранения неисправности контроллера прошло более трех минут, и оператор-технолог на запрос контроллера ответил, чтобы по некоторым реакторам процесс продолжался с точки останова, а по некоторым – с резервных щитовых средств до следующей фазы процесса.

Регулирование температуры в реакторах

Функции регулирования температуры в реакторах реализованы от программных регуляторов в управляющей программе контроллера (через аналоговые выходы контроллера), а также от аппаратных регуляторов SIPART DR22. Выбор между аналоговым выхо-

дом контроллера и выходом аппаратного регулятора выполняется реле, управляемым от вспомогательного дискретного выхода контроллера. В случае отказа контроллера, регулирование температуры в реакторе продолжает аппаратный регулятор SIPART. Регуляторы SIPART имеют интеллектуальный интерфейс (ЖКИ индикатор, кнопки, лампы на передней панели), что позволяет оператору довести при необходимости процесс полимеризации даже в случае отказа управляющего контроллера.

Регуляторы SIPART также подключаются в сеть Profibus DP, что дает возможность управления регулятором (изменение режимов работы, заданий, коэффициентов регулирования и т.д.) со стороны контроллера. Также имеется возможность контролировать наличие связи и исправность партнера со стороны контроллера и со стороны регулятора SIPART. Таким образом, регулирование производится следующим образом:

1. Если присутствует связь контроллера с регулятором и исправен аналоговый выход контроллера, то контроллер по интерфейсу Profibus DP переключает регулятор SIPART в режим слежения за выходом, программный регулятор контроллера работает в автоматическом или ручном режиме, что определяет оператор с экрана операторской станции. При этом контроллер передает регулятору SIPART по интерфейсу Profibus DP следующие параметры: режим работы, значение управляющего выхода, сформированное программным регулятором контроллера, и задание для автоматического режима, заданное оператором с операторской станции. Эти параметры необходимы регулятору для безударного переключения в автоматический режим в случае пропадания связи с контроллером. Вспомогательный дискретный выход контроллера переключает контакты управляющего реле, что обеспечивает управление исполнительным механизмом от аналогового выхода контроллера.

2. Если неисправен аналоговый выход, то контроллер диагностирует данную ошибку и обесточивает вспомогательный дискретный выход — управление исполнительным механизмом продолжается от аналогового выхода аппаратного регулятора SIPART, хотя собственно регулирование ведется от программного регулятора. Сам SIPART при этом остается в режиме слежения, то есть является просто транслятором сформированного контроллером управляющего сигнала на исполнительный механизм. В случае неисправности вспомогательного дискретного выхода контроллера реакция будет аналогичной, как при неисправности аналогового выхода, так как при неисправностях модуля дискретные выходы обесточиваются.

3. Если связь контроллера с регулятором по интерфейсу Profibus DP отсутствует, то регулятор SIPART диагностирует эту неисправность и сам безударно переключается в автоматический режим (без скачка управляющего воздействия) и продолжает формировать свой аналоговый выход в соответствие с ПИД-алгоритмом управления. При этом состояние переключа-

ющего реле зависит от состояния контроллера и исправности аналогового выхода контроллера. При исправном контроллере и аналоговом выходе на исполнительный механизм заводится сигнал с аналогового выхода контроллера, при неисправном контроллере или аналоговом выходе — с выхода аппаратного регулятора SIPART.

4. При неисправном или выключенном контроллере переключающее реле обесточено, контакт переключающего реле переключен на управление от аналогового выхода регулятора SIPART. Регулятор SIPART при этом диагностирует отсутствие связи с контроллером по интерфейсу Profibus DP и переключается в автоматический режим аналогично п. 3.

В случае отсутствия связи контроллера с регулятором, как было сказано выше, аппаратный регулятор SIPART переключается из режима слежения в автоматический режим. При этом оператор-технолог может с панели регулятора изменять задание регулятору, разрывать и вновь замыкать каскад, переключать регулятор в ручной режим работы и т.д.

Диагностика неисправности сигнальных модулей

Контроллер диагностирует основные неисправности сигнальных модулей. В случае возникновения неисправности модуля будет сформировано соответствующее сообщение на операторских станциях.

При неисправности модуля аналогового ввода, а также при неисправности канала аналогового ввода (обрыв провода, короткое замыкание и т.д.) до устранения неисправности регистрация измеренных значений основных параметров продолжается на аппаратных регистраторах SIREC. При этом, если неисправен датчик температуры или давления в реакторе, программа переключает работу на резервный датчик, для остальных датчиков при неисправности программа использует последние достоверные значения, которые могут быть скорректированы оператором-технологом по показаниям регистратора SIREC. В случае неисправности обоих датчиков температуры или давления в реакторе программа переводит реактор в безопасное состояние и формирует запрос оператору о дальнейших действиях. Оператор-технолог может либо прекратить работу на данном реакторе, либо после устранения неисправности хотя бы одного из датчиков продолжить работу с точки останова или со следующей фазы. Управление процессом до устранения неисправности хотя бы одного из датчиков возможно с резервных щитовых средств.

При неисправности модуля аналогового вывода управление продолжается с аналогового выхода аппаратного регулятора SIPART.

При неисправности модуля дискретного ввода, текущие состояния механизмов продолжают отображаться на панели контроля и управления дискретными ИМ. На операторских станциях по таким механизмам отображается данная неисправность, но программа не останавливает управление процессом,

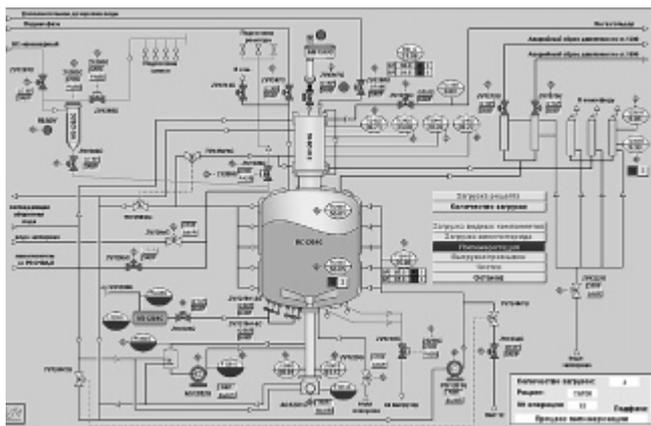


Рис. 3. Мнемосхема процесса – реактор

т.к. считается, что сами механизмы исправны и их состояние оператор-технолог видит на панели контроля и управления дискретными ИМ.

При основных неисправностях модуля дискретного вывода дискретные выходы обесточиваются. При этом для особо важных механизмов дискретные выходы сделаны дублированными, что позволяет продолжать управление ими для исключения останова процесса. При неисправности недублированных дискретных выходов, а также при неисправности обоих дублированных выходов, внешняя схема ПАЗ обеспечивает, чтобы одни механизмы остались в текущем состоянии, другие выключились (закрылись). Программа не останавливает управление процессом, а управление механизмами возможно с панели контроля и управления дискретными ИМ.

Отображение информации

Отображение оперативной информации о ТП (значения технологических параметров, состояние клапанов, насосов, мешалок, световая сигнализация и пр.) производится на экранах двух операторских станций, каждая из которых для увеличения рабочей площади экрана оснащена двумя мониторами. Обмен данными между контроллерами и операторскими станциями производится по высокоскоростному каналу передачи данных Industrial Ethernet. Топология сети – резервированное оптическое кольцо.

Помимо этого, на случай выхода из строя станций оператора, управляющего контроллера, модуля аналогового ввода или сети Industrial Ethernet для основных параметров предусматриваются аппаратные регистраторы SIREC. Таким образом, в случае возникновения указанных выше неисправностей, оператор сможет наблюдать за ходом процесса на аппаратных регистраторах SIREC.

При таком дублировании регистрация измеренного значения одновременно на регистраторе, регуляторе и на экране операторской станции может прекратиться только в случае двойной неисправности: обрыв стабилизатора и отсутствие или неисправность (обрыв входного канала) одного из устройств регистрации.

Программное обеспечение

АСУТП полимеризации ВХ реализована на базе промышленного программно-аппаратного комплекса PCS7 v6.0, который предназначен для управления сложными процессами в различных отраслях производства, в том числе химической промышленности. Программно-аппаратный комплекс PCS7 включает программные пакеты для решения поставленных задач автоматизации: программирования контроллеров и операторских станций.

Для программирования пошаговых операций использован специализированный программный пакет SFC (Sequential Function Chart – диаграмма последовательного выполнения), входящий в состав PCS7. Программный пакет SFC предназначен для программирования достаточно сложных пошаговых операций. Пакет SFC-Visualization, также входящий в состав PCS7, позволяет визуализировать пошаговый процесс на операторской станции, легко управлять режимами работы и т.д. Пакет SFC представляет собой мощное средство для автоматизации последовательных процессов и обладает хорошей гибкостью. Наглядный интерфейс позволяет легко вносить изменения в алгоритм без останова управляющего контроллера. А пакет SFC-Visualization позволяет автоматически отобразить внесенные изменения на верхнем уровне. Выбор SFC, а не специализированного пакета WATCH, был сделан в связи с тем, что: а) все возможные ветвления процесса полимеризации ВХ задаются параметрами самого рецепта; б) последовательный процесс полимеризации ВХ реализован на одном управляющем контроллере.

Для работы с наборами рецептурных параметров (создание, тестирование, хранение, архивирование и синхронизация) в пакете PCS7 используется опция User Archive, предназначенная для работы с архивами пользователя.

Проводится двойная проверка корректности рецепта: при создании рецепта технологом и при принятии этого рецепта в контроллере.

Этапы создания АСУТП

Принимая во внимание сложность и ответственность решаемой задачи, перед разработкой проекта специалистами ЗАО "Синетик" было выполнено эскизное проектирование АСУТП. Далее было получено заключение экспертизы промышленной безопасности на эскизный проект, а затем и на сам проект АСУТП.

Учитывая то, что исходные данные по последовательному процессу полимеризации ВХ представляли собой фактически листинги программы, реализованной на старой системе, специалистами ЗАО "Синетик" были подробно проанализированы эти исходные данные. В результате был создан документ, подробно описывающий алгоритмы всего процесса полимеризации ВХ на доступном, понятном языке, без привязки в какой-либо конкретной программе. Данный документ был согласован с заказчиком. Только после

этого специалисты ЗАО "Синетик" приступили к написанию программы.

Из-за невозможности отладки ПО в условиях действующего производства, тестирование и приемка системы происходила в несколько этапов на территории ЗАО "Синетик". Для этого был создан отладочный стенд, имитирующий работу двух реакторов. Специалистами заказчика была протестирована и согласована работа последовательной логики, реализованной в управляющем контроллере. Только после этого начались работы по переключению сигналов и проверке алгоритмов работы программы на объекте.

В связи с невозможностью переключить все реакторы на новую систему за капитальный ремонт (останов цеха на 2...3 недели), а также учитывая недоверие заказчика к новой системе и его желание иметь две работающие системы (старую и новую), было принято решение переключить сначала только один реактор на новую систему. Чтобы проводить дозировки компонентов в реактор, необходимо было также управлять оборудованием

общих станций. Для этого управление общим оборудованием было распараллелено: от старой и новой систем. Для исключения управления одним и тем же оборудованием в одно и то же время от двух систем сразу совместно со специалистами заказчика, обслуживающими старую систему, была реализована схема взаимодействия старой и новой систем. По этой схеме, прежде чем управлять каким-либо общим оборудованием, система (и старая и новая) должна была сначала установить флаг занятости этого оборудования для другой системы. При этом для станции аварийной дозировки воды были реализованы три приоритета на занятие станции (для выполнения плановой дозировки воды, аварийной дозировки, а также для продолжения прерванной плановой дозировки).

Переключения остальных реакторов производились на работающей системе, без останова всего цеха, когда у заказчика появлялась возможность вывести один из реакторов из работы, чтобы переключить его на новую систему.

*Калашникова Любовь Аркадьевна – ведущий инженер ЗАО "Синетик".
Контактный телефон (383) 266-75-32. [Http://www.sinetic.ru](http://www.sinetic.ru)*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ

И.А. Сизова (МГУ "СТАНКИН")

Проанализирована зависимость количества выделенного угарного газа от управляемых параметров ТП электрохимического маркирования (ЭХМ), показана возможность автоматического управления выделением вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Электрохимическая обработка нашла широкое применение в промышленности. Так, например, электрохимическое маркирование (ЭХМ) успешно внедряется в единичном, серийном и массовом производстве; используется для маркировки медицинского инструмента, разнообразных изделий в машиностроительном, инструментальном и других производствах.

Как и любой ТП, электрохимическая обработка является источником повышенной негативной нагрузки на окружающую среду и человека. В настоящее время для технолога (проектировщика) одним из главных критериев при разработке оборудования, наряду с производительностью и качеством, является экологичность ТП.

Характерным недостатком ЭХМ является выделение газообразных примесей в воздух рабочей зоны. Одним из характерных загрязнителей воздуха рабочей зоны при ЭХМ является угарный газ (СО) – вещество IV класса опасности ($\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 20 \text{ мг/м}^3$)¹, которое при повышенных концентрациях представляет собой смертельно опасный яд.

Широко применяемые пассивные методы защиты окружающей среды и человека не удовлетворяют критериям комплексного технико-экологического подхода к современному машиностроению. Поэтому приоритетным направлением является разработка и внедрение в производство методов, обеспечивающих уменьшение загрязнений средствами автоматизации

ТП ЭХМ, не снижая в то же время производительность и качество обработки. Таким образом, задача носит оптимизационный характер.

Поскольку задача оптимизации является многопараметрической (скорость, точность, производительность, качество, экологичность), и реализовывать ее

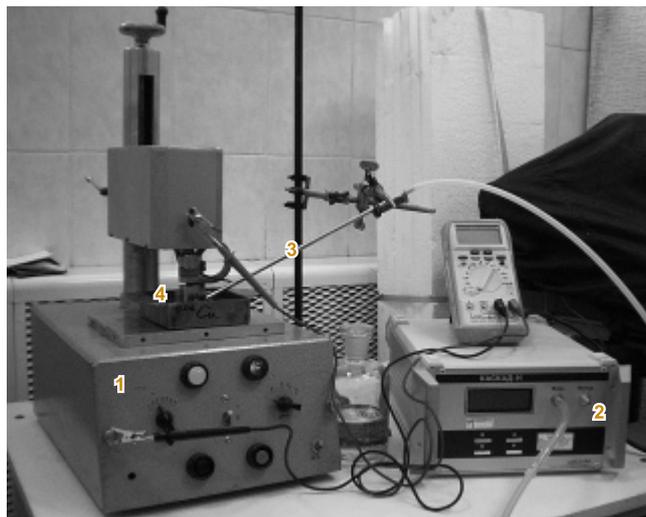


Рис. 1. Общий вид установки для проведения эксперимента, где 1 – установка для электрохимического маркирования ЭХМ-3; 2 – газоанализатор КАСКАД-Н 511.2; 3 – зонд для отбора проб; 4 – медная ванна с электролитом (Na_2SO_4)

¹ Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27 апреля 2003 г.)