

УДК 681.58

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПАЙКИ

А.Г. Колмаков¹, И.Б. Опарина¹

*¹Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН,
Москва, Россия*

В.В. Шкурко², И. М. Хейфец²

²Институт подготовки научных кадров НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Подходы к решениям задач автоматизации технологических процессов в современных условиях настолько широки и подвержены обновлению практически с такой же скоростью, как и в современных устройствах мобильной связи [1–4]. Не так давно поддержание рабочего режима технологического процесса было значимым условием при разработке системы [1]. Сейчас система управления строится как открытая платформа с возможностью наблюдения, контроля и управления оборудованием, а также оповещения оператора [3]. Набор опций системы каждый разработчик формирует по своему усмотрению с учетом их значимости [2].

Для установки индукционной пайки возникла необходимость разработать автономную автоматизированную систему удаленного мониторинга и управления технологическим процессом [4]. В этой связи потребовалось выбрать технические средства и устройства обработки информации для конкретного процесса и подготовить программное обеспечение для выбранных устройств обработки информации.

Технические средства и устройства обработки информации в производственных процессах. Программируемый логический контроллер (ПЛК, PLC) является автономным программируемым устройством сбора и обработки информации, а также базовым аппаратным средством обработки уровня локальных систем автоматизированного управления (САУ) [3]. Промышленный контроллер выполняет следующие основные операции (цикл операций): сбор

сигналов с датчиков; обработка сигналов согласно прикладному алгоритму (закону) управления; выдача управляющих воздействий на исполнительные устройства (механизмы).

В отличие от персонального компьютера он рассчитан на решение ограниченного круга задач и должен обладать следующими основными свойствами:

1) работа в режиме реального времени, т. е. обеспечение высокой реактивности (быстродействия) на запросы обслуживания со стороны объекта управления (обеспечение управления в темпе протекания технологического процесса);

2) повышенные требования к надежности функционирования: автоматический перезапуск, в случае «зависания» программы; конструкция, приспособленная для работы в цеховых условиях (повышенные вибрации, электромагнитные помехи, запыленность, перепады температуры, иногда взрывоопасность); минимальное потребление энергии и рассеяние тепла в условиях ограниченной мощности источника питания и отсутствия элементов принудительной вентиляции и охлаждения;

3) модульность архитектуры, что дает возможность расширения и модификации (встраивание дополнительных блоков или модулей).

При построении САУ важно выбрать контроллер, удовлетворяющий всем техническим условиям и требованиям конкретного производства [1, 3]:

1. Возможность полного резервирования для процессов, где отказоустойчивость критична.

2. Количество и тип поддерживаемых коммуникационных интерфейсов. Это определяет гибкость и масштабируемость системы управления в целом. Современные контроллеры способны поддерживать до 10 стандартов передачи данных одновременно, что во многом определяет их универсальность.

3. Быстродействие. Измеряется, как правило, в количестве выполняемых в секунду элементарных операций (до 200 млн) или количеством обрабатываемых за секунду функциональных блоков.

4. Объем оперативной памяти. Во время работы контроллера в его оперативную память загружены запрограммированные пользователем алгоритмы автоматизированного управления, операционная система, библиотечные модули и т.д., т.е. чем больше оперативной памяти, тем сложнее и объемнее алгоритмы контроллер может выполнять. Варьируется от 256 килобайт до 32 мегабайт.

5. Надежность. Нарботка на отказ до 10–12 лет.

6. Наличие специализированных средств разработки и поддержка различных языков программирования. Для удобства программиста реализуется поддержка нескольких языков как визуального, так и текстового программирования (FBD, SFC, IL, LAD, ST).

7. Возможность изменения алгоритмов управления на «лету», т.е. без остановки работы контроллера.

8. Возможность локального ввода/вывода. Некоторые PLC рассчитаны на работу только с удаленной подсистемой ввода/вывода, другие могут работать как с локальными модулями ввода/вывода, так и удаленными узлами.

9. Вес, габаритные размеры, вид монтажа (на DIN-рейку, на монтажную панель или в стойку). Важно учитывать при проектировании и сборке шкафов.

10. Условия эксплуатации (температура, влажность, механические нагрузки). Большинство промышленных контроллеров могут работать в жестких промышленных условиях от 0 до 65°C и при влажности до 95-98%

Программное обеспечение устройств обработки информации в производственных процессах. Основные требования к программному обеспечению для PLC: автономность; поддержка процессов сбора, анализа информации и управления, а также локальных баз данных в реальном времени; возможность дистанционного управле-

ния со стороны диспетчерского пункта (уровень SCADA-систем); сетевая поддержка [1, 3].

Программное обеспечение включает следующие основные компоненты: тестовое программное обеспечение; базовое программное обеспечение; прикладное технологическое программное обеспечение [3].

Тестовое программное обеспечение. Выполняет тестирование (отладку) отдельных PLC и системы в целом (включая тестирование и диагностику различных конфигураций) и содержит следующие компоненты: программы инициализации и конфигурирования, а также начальные тесты для PLC и сетевых адаптеров (внутреннее программное обеспечение, расположенное в ПЗУ); программы для тестирования PLC через линию связи с компьютером высшего уровня или специализированной наладочной аппаратурой; программы для тестирования, наладки и сбора статистики локальной сети распределенной системы; комплексное тестирование распределенной системы в целом; специализированное тестовое программное обеспечение для наладочных пультов, панелей, стендов, эмуляторов и т.д.

Отладка PLC выполняется с помощью компьютеров или специальных пультов, обеспечивающих доступ к памяти и портам PLC с целью отладки и оперативного ввода данных, уставок, управляющей информации. Отладчик позволяет перевести работу PLC в режим пошагового исполнения внутренних программ, эмулировать подачу внешних сигналов, отслеживать изменения состояний регистров и т.п.

Базовое программное обеспечение. В его состав входят: операционные системы реального времени, управляющие выполнением прикладной технологической программы и устройствами PLC; сетевые программные средства, обеспечивающие информационный обмен между отдельными узлами и возможность дистанционного доступа и управления в распределенной системе.

Прикладное технологическое программное обеспечение. Для разработки *технологических программ* используются следующие средства: редакторы, системы программирования (поддержка ассемблеров и языков высокого уровня, а также языков технологического программирования), средства отладки и тестирования, а также инструментарий для функционально-ориентированных языков программирования, позволяющих с минимальными трудозатратами осуществлять проектирование системы «под ключ».

Технологические языки, используемые для

разработки прикладных программ, включают в себя обычно арифметические и логические операции, средства организации циклов подключения и отключения портов, средства управления прерываниями (запрет/разрешение, установка приоритетов), средства работы с интервалами времени и обработки событий, а также средства для динамической загрузки и запуска программ. Элементами языка являются имена портов ввода-вывода и отдельных их разрядов, имена счетчиков, таймеров и контактов, флаги, а также параметры технологического процесса.

Главная задача PLC – это выполнение прикладных программ управления процессами. Учитывая их разнообразие контроллер должен быть свободно программируем, т.е. создавать пользовательские программы произвольной структуры без ограничений их функциональности. Персональный компьютер или портативный программатор, подключенные к контроллеру по сети, программные средства разработки.

Средства разработки программ значительно ускоряют процесс разработки программного обеспечения и включают:

1. Предподготовленные компоненты (программные библиотеки, функциональные блоки, готовые процедуры, шаблоны и скрипты);
2. Инструменты для отладки, тестирования и симуляции (позволяют выполнять разрабатываемую программу без загрузки в реальный контроллер).

Средства разработки прикладного программного обеспечения для контроллеров, как правило, поддерживают до шести разных языков программирования на основе международного стандарта IEC 61131, (разработан Международной электротехнической комиссией (МЭК). В части описания языков программирования стандарт является ориентиром для большинства разработчиков PLC. Языки программирования стандарта МЭК 6-1131/3 включают в себя четыре визуальных языка (LD, FBD, SFC, CFC), ориентированных на инженеров и бизнес-аналитиков и два текстовых (ST, IL), ориентированных на программистов.

Проектирование автоматизированной системы управления процессом пайки. При разработке технического задания на проектирование системы автоматизации учитываются технологические задачи: проведение пайки в вакууме и в газовой среде; охлаждение изделия в защитной атмосфере; выбор времени охлаждения; прижим частей изделия с заданным усилием; выбор времени полного цикла работы.

Проектирование системы управления. Основу системы управления составляет панельный контроллер СПК107 с сенсорным дисплеем. Контроллер может устанавливаться либо на самой установке, либо в шкафу управления. Удобен СПК107 тем, что объединяет в одном корпусе функции программируемого контроллера с панелью оператора.

Контроллер соединяется с компьютером по Ethernet. В SCADA-системе на ПК создаются мнемосхемы для отображения основных показателей. Например, демонстрируется на какой стадии исполнительской программы в данный момент времени находится процесс, или в какой среде происходит пайка.

Мониторинг работы можно вести не только на ПК, но и в облачном сервисе, например в OwenCloud. Сбор данных с датчиков (давление, разряжение, положение) и кнопок управления осуществляется модулями аналогового ввода MB110-224.8A и модулями дискретного ввода MB110-224.16ДН по интерфейсу RS-485.

Управление пневматическими исполнительными механизмами, системой вакуумной откачки и напуска газа ведется с помощью модулей аналогового вывода МУ110-224.8И и модулей дискретного вывода МУ110-224.16Р. Модули и источник питания соединены с панельным контроллером интерфейсом RS-485. Обмен данными осуществляется по протоколу Modbus RTU. Источником питания высокой частоты управляет контроллер.

Структурная схема разработанной системы управления показана на рис. 1.

На экран СПК107, как в SCADA-системе, могут выводиться мнемосхемы управления камерой, пневматической системой, системой вакуумной откачки и источником питания высокой частоты. Всплывающие окна содержат подсказки, отображается текущий этап, состояния и положения устройств и механизмов. Контроллер имеет возможность архивировать события, настройки параметров технологического процесса (время пайки, остаточное давление в камерах и т.д.).

Установка может работать как в ручном, так и в автоматическом режимах. Переключение режимов осуществляется при помощи виртуального переключателя. Для возможности оперативного управления часть функций дублируется устройствами MeyerTec – кнопками управления, сигнальными лампами, джойстиком. Система управления обеспечивает: сбор технологических параметров от первичных преобразователей; архивирование параметров; удаленный монито-

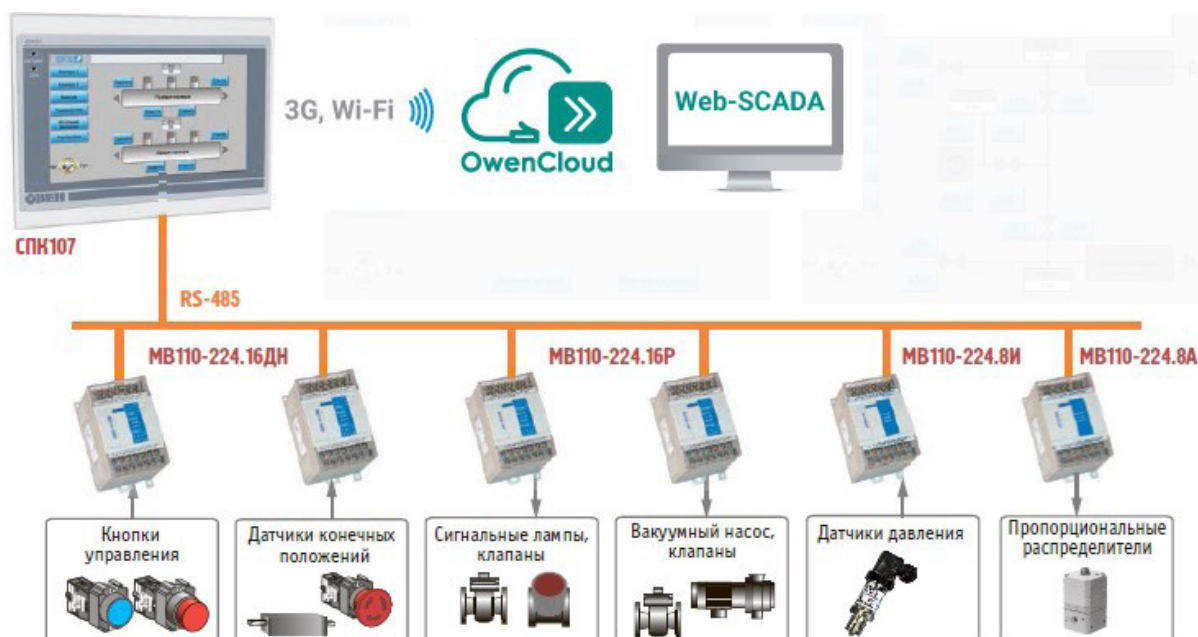


Рис. 1. Структурная схема системы управления процессом пайки

ринг; аварийный режим.

Проектирование технологического цикла. Процесс пайки начинается с загрузки заготовок и припоя в индуктор камеры. Запускается вакуумный насос, камера герметизируется, заготовки сдавливаются пневматическим прижимом, и выполняется вакуумная откачка. Остаточное давление в камере контролируется и регистрируется датчиком разряжения, сигнал с которого поступает в систему управления. При достижении заданного уровня разряжения происходит контролируемый напуск защитного газа до установленного давления, после чего начинается процесс пайки. Одновременно с ведением технологического процесса на первом посту идет подготовка к работе на втором.

После пайки камера через специальные клапаны продувается инертным газом, с прижимных цилиндров снимается давление, и изделие высвобождается. Готовое изделие извлекается

и загружаются новые. Выбирается время цикла. Отладка новой технологии осуществляется в ручном режиме. На мнемосхемах настраиваются новые элементы: кнопки управления механизмами, локальными системами.

Закключение. Таким образом, на основании выбора технических средства и устройств обработки информации для процесса индукционной пайки, подготовлено программное обеспечение контроля и диагностики процесса, и разработана автономная автоматизированная система удаленного мониторинга и управления технологическим процессом.

В результате на базе микропроцессорных средств управления создана полнофункциональная система управления сложным объектом - установкой индукционной пайки, обеспечивающая автоматизацию технологического процесса с высокой степенью надежности и возможностью удаленного мониторинга.

Список литературы

1. Теоретические основы проектирования технологических комплексов / А.М.Русецкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Русецкого. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 239 с.
2. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А.М.Русецкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Русецкого. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 316 с.
3. Автоматизация и управление в технологических комплексах / А.М.Русецкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Русецкого. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 375 с.
4. Обеспечение качества изделий в технологических комплексах / С.А.Чижик [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 248 с.