

и принять на работу более энергичных специалистов. Поиск и обучение новых сотрудников, разумеется, потребовали некоторого дополнительного времени.

Система постоянно развивается. В ближайшее время предполагается внедрение подсистемы бюджетирования и прогнозирования, а также переход от классической схемы формирования заказов покупателей менеджерами отдела продаж к формированию заказов

самими покупателями через Internet с оперативным расчетом срока выполнения и поставки на основании производственной программы.

В связи с тем, что к структуре ОАО «Гамма» добавляются новые производственные площадки, руководство компании приняло решение о переводе их на единую систему автоматизированного учета на платформе «ИТРП: Процессное производство 8».

Белицкий Антон Львович - руководитель проектов, Лисин Николай Геннадьевич - заместитель директора компании «Институт типовых решений – Производство» (ИТРП). Контактный телефон (495) 600-61-79. E-mail: IC@itrp.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ РАССТОЙНОГО ШКАФА

И.С. Егорова, В.Н. Елизаров, А.А. Маршалов (СПбГУАП)

Представлен опыт модернизации подсистемы загрузки/выгрузки расстойного шкафа формами с тестом, являющейся составной частью системы выпечки формового хлеба. Рассмотрены основные этапы разработки, применяемые аппаратные и программные средства. Описан разработанный отладочный стенд на базе Siemens Simatic S7-226, Weintek MT 6070iH и Siemens LOGO для тестирования и отладки программ управления быстро меняющимися процессами, позволяющий минимизировать длительность пусконаладочных работ на производстве.

Ключевые слова: хлебопечение, расстойка, ПЛК, автоматизация тестирования программ, отладочный стенд, человеко-машинный интерфейс.

Основные объекты автоматизации. Описание ТП

Промышленные предприятия, в том числе пищевые, постоянно нуждаются в совершенствовании производства в целях повышения конкурентоспособности на рынке. Соответственно требуется увеличивать надежность и производительность технологического оборудования за счет повышения степени автоматизации.

На третьей производственной площадке ОАО «Каравай» постоянно проводятся работы по модернизации существующих систем на базе современных ПЛК [1, 2]. Руководство хлебозавода активно сотрудничает с «Лабораторией промышленных микропроцессорных технологий» СПбГУАП более 15 лет. Специалистами лаборатории уже внедрены системы управления с использованием ПЛК фирм Siemens, Cooyo и др.

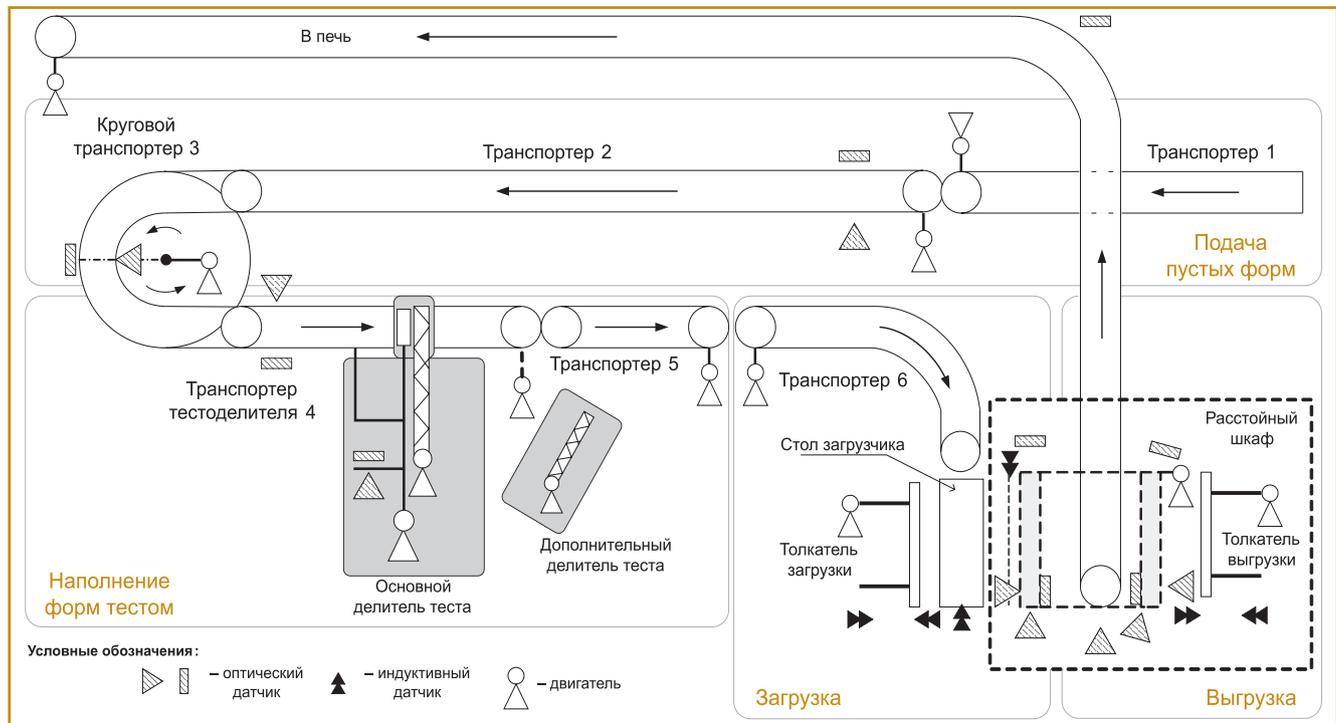


Рис. 1. Схема ТП подсистемы управления



Рис.2. Загрузка форм в расстойный шкаф

Руководство хлебозавода, осознав экономическую выгоду и важность направления автоматизации, выделило в своей структуре подразделение по обслуживанию систем на базе ПЛК и их модернизации. У сотрудников подразделения имеется положительный опыт работы и обслуживания таких систем управления. В настоящее время они самостоятельно проектируют и программируют небольшие системы с простыми алгоритмами управления на базе интеллектуальных реле Logo (Siemens) или FX3u (Mitsubishi Electric).

В то же время хлебозавод закупает современные технологические линии под «ключ» с установленными ПЛК, защитными алгоритмами управления. Производители таких линий получают дополнительную прибыль именно от услуг сопровождения, что не выгодно покупателям оборудования. Поэтому договоров на выполнение работ по сопровождению хлебозавод не заключает. При диагностике неисправностей и при необходимости проведения модернизации приобретенных линий возникает проблема обслуживания множества ПЛК различных производителей. В связи с этим наметились тенденции к унификации аппаратных платформ с целью снижения издержек на освоение систем программирования, закупки коммуникационных средств и запасных частей.

Очередным проектом, реализованным в лаборатории, стала модернизация подсистемы загрузки/выгрузки расстойного шкафа формами с тестом.

Автоматизированная линия выпечки формового хлеба на третьей производственной площадке ОАО «Каравай» строилась из набора функционально независимых подсистем. Основным элементом линии является туннельная печь с подвижным ленточным конвейером с масляной системой прогрева.

Схема ТП подсистемы управления представлена на рис. 1.

Рассмотрим алгоритм работы оборудования. Пустые формы перемещаются по транспортерам 1-4 к делителю теста. Синхронно с подачей форм в делитель поступает тесто, где делится на порции одинаковой массы. При поступлении форм под головку делителя

порция теста заданной массы автоматически попадает в форму. Для особых сортов хлеба вместо основного делителя используется дополнительный. В этом случае порции теста укладываются в формы вручную. Формы с тестом последовательно перемещаются транспортерами 5 и 6 на стол загрузчика расстойного шкафа. Одновременно с подачей кассет с формами в расстойном шкафу включается основной двигатель, медленно перемещающий цепь с закрепленными люльками. Расстояние между люльками – 40 см.

Загрузка форм на люльки расстойного шкафа происходит в два этапа (рис 2). Формы последовательно накапливаются на столе загрузки до срабатывания датчика, фиксирующего три кассеты по пять форм. Толкатель загрузчика параллельно перемещает эти формы в зону загрузки шкафа. Поступившая люлька подхватывает формы на свое основание и освобождает зону загрузки для следующей люльки. Время расстойки (нахождения формы в расстойном шкафу) варьируется в диапазоне 50...75 мин в зависимости от вида конечной продукции. По истечении этого времени люлька с формами подходит в зону выгрузки. Толкатель выгрузки перемещает формы на транспортер печи и освобождает зону выгрузки для следующей люльки с формами. Освободившиеся люльки из зоны выгрузки вновь поступают в зону загрузки расстойного шкафа для следующего цикла работы.

До модернизации загрузкой/выгрузкой шкафа управляла система, спроектированная в 1990-х гг., основу которой составляли релейно-контактные схемы. Аппаратная реализация логики управления обладает более низкой надежностью по сравнению с программной [1, 4], так как каждый элемент системы может выйти из строя, и его ремонт занимает определенное время. Средства визуализации ТП системы управления отсутствовали. При аварийной ситуации требовалось значительное время на диагностику неисправностей. В системе не было реализовано регулирование временных значений момента выгрузки в зависимости от меняющейся скорости цепи расстойного шкафа. Временной интервал подбирался опытным путем для максимальной скорости цепи и задавался вручную, где устанавливали фиксированное и минимальное значение в реле времени. Это фиксированное значение не соответствовало реальной скорости цепи и приводило к частым остановкам двигателя шкафа. Скорость цепи меняется в процессе загрузки, выгрузки форм и зависит от многих факторов, например, от числа размещенных форм в расстойном шкафу. С уменьшением скорости цепи увеличивается время на выгрузку форм и в этом временном интервале удаляются «ложные» причины остановки цепи, если не фиксировать значения в реле времени, а вычислять реальную скорость цепи.

Такие неточности приводили к аварийным ситуациям и нерациональному использованию оборудования. Например: часть транспортеров функционировали на всем протяжении работы линии, при этом

линия не всегда нуждалась в их работе. В моменты, когда формы не могли продвигаться дальше, транспортеры своим движением затирали дно форм, что способствовало быстрому их выходу из строя.

При обсуждении технического задания на предприятии выделились сторонники и противники проекта. Дебаты продолжались более 1 г. Среди противников проекта отметим службу главного энергетика, которая не очень «дружит» с ПЛК. Сотрудниками этой службы была реализована старая система. Плохо или хорошо, но система выполняла основные функции. Компоненты системы были размещены в шести силовых шкафах, два частотных преобразователя размещались отдельно, документация практически отсутствовала. Естественно, что службе главного энергетика предстояли работы по демонтажу элементов системы, прокладки новых трасс кабелей, монтажу силового шкафа. Рассматривалась также проблема остановки всей автоматизированной линии выпечки формового хлеба на несколько дней (в сутки линия выпекает 30...50 тонн продукции и является основной на хлебозаводе).

Выбор оборудования. Программная реализация

Совместно заказчиком и исполнителем были выявлены следующие требования к новой системе управления:

- реализация системы управления с использованием ПЛК, что должно обеспечить сокращение сроков разработки и монтажа, простоту модернизации и масштабирования системы [1, 2];
- вычисление критических временных зон для выявления и предотвращения аварийных ситуаций;
- программирование на языке релейной логики;
- визуализация ТП для наблюдения и управления;
- проведение пусконаладочных работ на производстве в сжатые сроки.

Проектирование подсистемы началось с изучения состава технологического оборудования (ТО), функций операторов, задач подсистемы, анализа входных/выходных сигналов. По требованию заказчика состав ТО не изменялся при модернизации подсистемы.

В соответствии с пожеланиями заказчика в проекте использовались ПЛК фирмы Siemens S7-226 DC/DC/DC, так как на предприятии уже существует большой парк контроллеров этого производителя. В ТП применялись оптические датчики с универсальным питанием AC/DC, а индуктивные – только с AC. Все датчики питались от сети 220В AC. Для оптимизации структурной схемы системы с целью исключения реле на входах ПЛК исполнители убедили заказчика поменять в ТП индуктивные датчики на датчики с питанием постоянным током. Преимущество использования внешних реле вместо встроенных релейных выходов ПЛК заключается в простоте замены вышедшего из строя реле.

Так как возможности релейных схем, на базе которых построена старая система, ограничены и не со-

поставимы с функциями ПЛК, то был создан новый алгоритм управления работой подсистемы. Например, в старой системе при аварийной ситуации толкатели останавливались в текущем положении, а для продолжения работы оператор вручную возвращал их на место. Применяя ПЛК, удалось программно реализовать автоматический возврат толкателей.

Алгоритм реализован в среде разработки STEP7-Micro/Win на языке релейной логики – LAD (ladder logic или ladder diagram).

Одна из основных целей замены старой релейно-контактной системы управления на новую АСУТП – повышение уровня контроля и своевременная локализация аварийных ситуаций на линии. Эта цель достигается путем более строгого учета временных характеристик работы линии. В частности, подпрограмма управления выгрузкой вычисляет одну из таких характеристик – допустимое время выгрузки, по истечении которого запрещается подача команды “вперед” толкателю выгрузки. На автоматизируемом объекте были произведены замеры и выявлены зависимости между параметрами. Допустимое время выгрузки зависит от скорости конвейера расстойного шкафа согласно формуле: $t_{\text{выгр_доп}} = k * t_{\text{инт}}$, где k – коэффициент конвейера расстойного шкафа, вычисленный опытным путем, $t_{\text{инт}}$ – время в секундах между двумя приходами люльки конвейера к столу выгрузки. Для получения оптимального коэффициента вручную измерялось допустимое время выгрузки при разных режимах работы расстойного шкафа. По итогам систематизации результатов измерения было получено значение коэффициента $k = 0,13$.

Объем управляющей программы составил 57 ступеней, максимальная длительность цикла – 1,84 мс.

Разработка интерфейса для сенсорной панели оператора

Человеко-машинный интерфейс для системы управления был реализован с использованием сенсорной панели Weintek MT6070iH. Панель имеет относительно низкую стоимость, при этом широкую функциональность и высокую надежность, что подтверждено проектами, уже внедренными на предприятии.

Программирование панели осуществляется средствами программного пакета EasyBuilder8000. Пакет может дополняться библиотеками изображений, которые доступны на сайте производителя либо разрабатываются самостоятельно.

При проектировании ЧМИ для данного проекта главным приоритетом было обеспечение для оператора максимальной наглядности происходящего на линии. Для решения этой задачи в проекте применены битовые индикаторы с двумя состояниями. Формы индикаторов взяты из библиотеки собственной разработки. Эффект движения достигается за счет настройки параметра “Мерцание (Blinking)” при наличии единичного сигнала в памяти ПЛК по адресу, соответствующему состоянию устройства.

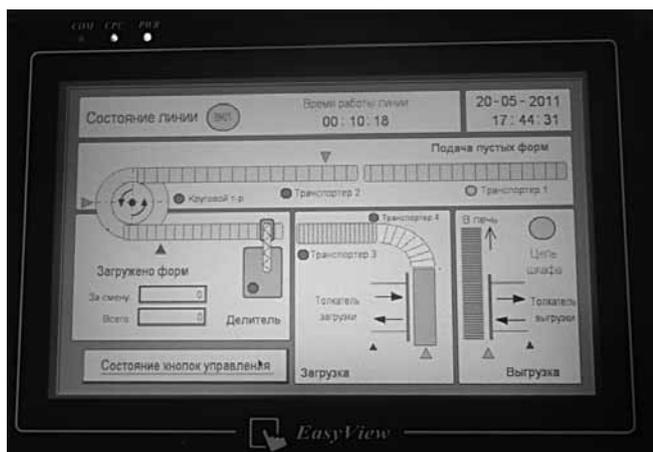


Рис. 3. Главное окно проекта

Реализация ЧМИ для системы управления загрузкой и выгрузкой расстойного шкафа содержит 13 экранных форм. Основной формой является главное окно проекта (рис. 3), которое позволяет наблюдать за текущим состоянием ТП.

В ЧМИ реализовано специальное окно администратора системы, где можно менять некоторые ее параметры, недоступные обычному пользователю. Для доступа к окну используется комбинация нажатия аппаратной кнопки и невидимого элемента на ЧМИ, затем вводится пароль.

Средства отладки проекта и тестирования системы

В среде разработки STEP7 Micro/Win для ПЛК S7-200 не содержится средств симуляции, поэтому отладка управляющей программы возможна только с помощью отладочного стенда. Для этих целей в лаборатории был собран стенд, содержимое которого полностью повторяло содержимое разработанного шкафа управления. Для автоматизации процесса отладки программ в лаборатории использовано программируемое реле LOGO! 12/24 RC (Siemens), где виртуально создаются динамически изменяющиеся ТП с циклом работы < 1 с. На входы LOGO! поступает информация с выходов ПЛК S7-226. Разработана программа эмуляции виртуального ТП на языке FBD, имитиру-

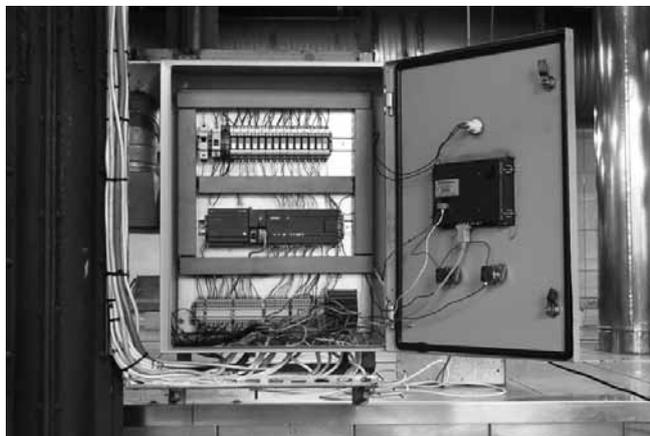


Рис. 4. Шкаф управления

ющая часть функций технологического оборудования. В результате на выходах программируемого реле формируются сигналы ТП, которые поступают на входы S7-226. Программа позволяет задавать и менять частоту тактовых генераторов, тем самым эмулировать различные скорости производственной линии.

По аналогии с интерфейсом JTAG [5] в системе управления реализован переход из основного режима работы в тестовый, в котором в целях контроля и отладки обеспечивается прямой доступ к каждому устройству ТП для задания входных воздействий и считывания результатов. Тестовый режим выполнен за счет введения в систему управления программной избыточности, а не аппаратной, как в интерфейсе JTAG. Использование тестового режима работы при внедрении системы сокращает время контроля правильности подключения электрических кабелей и проверки функционирования отдельных устройств ТП.

Внедрение. Результаты. Перспективы

Работы по внедрению подсистемы загрузки и выгрузки расстойного шкафа между заказчиком и исполнителем были распределены следующим образом.

Заказчик демонтирует элементы старой системы, прокладывает новые кабели, устанавливает шкафы, подключает необходимые датчики и кнопки управления и переключает питание на новую систему. Исполнитель работ проверяет кабельные подключения и работу устройств ТП, в рабочих режимах тестирует и корректирует алгоритмы управления, обучает все смены операторов, анализирует замечания, вносит соответствующие изменения в программу и корректирует документацию на подсистему, далее предъявляет заказчику работу подсистемы в составе автоматизированной линии формового хлеба и передает конечный вариант документации.

За неделю до внедрения параллельно с работой старой системы электрики завода приступили к прокладке новых кабелей, установке шкафов и датчиков. Для проведения пусконаладочных работ было решено остановить работу автоматизированной линии выпечки формового хлеба только на два дня. Практически из этого времени собственно на тестирование и коррекцию алгоритмов подсистемы осталось 6 ч (!), все остальное время было использовано на отключение элементов старой системы и подачу питания на устройства ТП новой системы управления. Фотографии шкафа управления представлены на рис.4.

При первых запусках подсистема тестировалась без подачи теста в формы, кассеты с пустыми формами загружались и выгружались из расстойного шкафа. В этом режиме проверялась работа основных элементов системы управления, и корректировались временные коэффициенты толкателей. Далее проверялась работа подсистемы в полном цикле с подачей теста в формы.

В целом разработанная система соответствует первоначальным требованиям. Временные затраты на реализацию проекта: изучение ТП и алгоритма ра-

боты – 30 дней; проектирование и программирование системы управления – 50 дней; создание стенда и отладка проекта – 15 дней; демонтаж старой системы и переключение питания – 9 дней; тестирование системы – 6 час; корректировка алгоритмов и устранение замечаний в процессе реальной работы – 5 дней.

Отметим следующие преимущества внедренной системы. Число шкафов в системе управления сократилось с шести до двух, при этом за счет сокращения числа компонентов системы повысилась надежность работы системы управления. Автоматизирован процесс поиска неисправностей и установки элементов ТО в исходное состояние. Повысилась производительность системы за счет исключения «ложных» аварийных остановов линии. Снижены затраты на обслуживание системы. Система легко перестраивается при необходимости модернизации функции и алгоритмов работы. Для операторов линии удалось повысить качество управления ТП за счет его визуализации и сокращения выполняемых операций.

Уже после первых пусков в управляющую программу по просьбе заказчиков были добавлены функции, обрабатывающие аварийные ситуации, связанные с отказом датчиков, например, из-за загрязнения тестом их воспринимающей поверхности. На сенсорную панель было выведено время расстойки (время полного цикла работы шкафа), и для аварийных ситуаций добавлено архивирование состояния программы ПЛК, которое фиксируется во внешней памяти панели. Время расстойки представлено в привычных для оператора единицах (минутах). Архивирование введено в связи с тем, что показания оператора при авариях не всегда достоверны.

Елизаров Владимир Николаевич – канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительных систем и сетей СПбГУАП, Егорова Ирина Сергеевна, Маршалов Андрей Александрович – сотрудники лаборатории промышленных микропроцессорных технологий СПбГУАП.

Контактный телефон (812) 494-70-44.

E-mail: elizarvld@yandex.ru, simply-music@mail.ru, gimmarshall@list.ru

Промышленный мобильный широкополосный маршрутизатор от Westermo

Westermo MRD-350 является надежным промышленным мобильным широкополосным маршрутизатором, сконструированным для удаленного доступа по сети сотовой связи. Маршрутизатор использует Internet для эффективного соединения систем между собой, позволяющего интерфейсам управления концентраторами, ПЛК и другим устройствам общаться друг с другом. Маршрутизатор имеет восходящую пропускную способность канала связи до 5,7 Мбит/с и нисходящую – 14,4 Мбит/с, что обеспечивает высокоскоростную передачу данных. Стандартные мобильные или стационарные приложения включают систему видеонаблюдения, телеметрическую систему SCADA/DNP3 и удаленный доступ к устройствам и приборам. Для приложений с питанием от солнечных батарей жизненно необходимо эффективное использование энергии. Поэтому MRD-350 имеет специальный режим пониженного энергопотребления, и может включаться на полную мощность только по мере необходимости.

MRD-350 поддерживает широкий диапазон стандартов беспроводной связи, в том числе GSM, GPRS, 3G UMTS, HSDPA и HSUPA. MRD-350 включает поддержку двойной SIM-карты. При использовании на бортовых приложениях

(поезд, грузовик, автобус, строительная техника и так далее) маршрутизаторы автоматически используют наиболее эффективную сеть, доступную в соответствующей географической местности.

Защищенный от неблагоприятных воздействий корпус, диапазон рабочих напряжений (постоянное напряжение в вольтах) = 10...60 В и компактные размеры, а также наличие всех интерфейсов и светодиодов непосредственно на передней панели делают устройство отлично подходящим для приложений с DIN-рейками в агрессивных средах. Благодаря изоляции между блоком питания и портами (серийными и портом Ethernet) обеспечивается защита от коротких замыканий на землю.

Устройства, подключенные к Internet, требуют принятия мер против угроз кибератак, MRD-350 предлагает защиту от злонамеренных перехватчиков с помощью зашифрованных каналов связи – виртуальных частных сетей, Virtual Private Networks (VPN). Встроенный Ethernet-коммутатор на два порта (10/100) и порт RS-232 позволяют использовать широкий диапазон устройств, приборов и систем для безупречного соединения на любом расстоянии.

<http://www.westermo.com>