

Многокомпонентная система дозирования: решения по модернизации с использованием виртуальных инструментов

В.Н. Елизаров, А.А. Маршалов (СПбГУАП)

Рассматривается опыт модернизации многокомпонентных систем дозирования жидких компонентов на хлебозаводе. При проектировании АСУ предлагается новый подход к организации системы управления с применением виртуальных технологий. Рассматриваются основные этапы разработки, программирования и процесс внедрения системы управления на базе ПЛК Coyo DL 05 и сенсорной панели Weintek MT 6060iH.

Ключевые слова: многокомпонентная система дозирования, интеллектуальные системы управления, ПЛК, SCADA и сенсорные панели, виртуальные инструменты, программирование ПЛК и сенсорных панелей.

Многокомпонентные дозирующие станции

На сегодняшний день существует множество различных реализаций промышленных дозаторов. В данной работе рассматриваются только многокомпонентные дозаторы (дозировочные станции) жидких компонентов, используемые в хлебопекарной промышленности. Многокомпонентные дозирующие станции (МДС) используются для подготовки смеси из нескольких компонентов, причем количество (масса или объем) каждого компонента в смеси задается пользователем. В хлебопекарной промышленности МДС используются в ТП приготовления и замеса теста для большого ассортимента выпускаемой продукции, причем у каждого вида продукции свой набор оригинальных компонентов и их параметров. Обычно используются двух-, четырех- и пятикомпонентные МДС, которые обеспечивают дозировку таких компонентов, как вода, дрожжевая суспензия, раствор поваренной соли, расплавленный кулинарный жир и маргарин, раствор сахара, растительное масло и др. Основной задачей МДС в данном ТП является подача для каждого вида продукции заданной массы каждого компонента с минимальной погрешностью.

МДС состоят из технологического оборудования (ТО) или дозирующих блоков и системы управления. В настоящее время существует два подхода к реализации ТО: временной и весовой. Например, Свердловский экспериментальный механический завод (СЭМЗ) выпускает временные дозирующие станции СДМ5 и СДМ7 (www.semz-ural.ru), а ОАО «Монитор» (г. Воронеж) — весовые СВД (www.monitor-vrn.ru).

Временной подход подразумевает, что скорость отдачи каждого компонента постоянна и управление дозой осуществляется только управлением времени открытия клапана. Отданная масса (вес или объем) при этом подходе не контролируется и при построении системы предполагается, что вязкость каждого компонента и эффективный диаметр сливного отверстия не должна изменяться с течением времени, а давление компонента на сливном отверстии должно быть постоянным.

Следует отметить, что ошибка дозирования таких станций при нормальных условиях эксплуатации (своевременная прочистка отверстий, регулярная проверка отдаваемой массы, постоянный уровень жидкости в сливном бачке или постоянное давление в магистральной трубке) не превосходит ошибку

дозирования станций с измерительным контролем, но при этом станции этого типа значительно дешевле и удобнее в эксплуатации.

Весовой метод подразумевает установку дополнительных весов (счетчика отданного объема) в специальном измерительном блоке (на магистральной трубке, в накопительном бачке или на выходе из бачка) для измерения массы (объема) отдаваемого компонента. Это увеличивает габаритные объемы, сложность и стоимость исполнительного оборудования станции, но гарантирует точность даже при изменении скорости слива компонента.

Лаборатория промышленных микропроцессорных технологий СПбГУАП (http://guap.ru/guap/lab_pmt/tech_main.shtml) уже не в первый раз сотрудничает с хлебозаводом ОАО «Заря», которое в настоящее время является 3-й производственной площадкой ОАО «Каравай» [1].

Решения по модернизации МДС

На предприятии непрерывно использовалось более 10 временных двух- и пятикомпонентных МДС. На рис. 1. представлена фотография временной системы управления СДМ5 МДС до модернизации. Системы управления МДС морально устарели, так как в печатных платах для каждого компонента использовались микросхемы малой интеграции, причем последние требовали постоянного ремонта специалистами высокой квалификации. В связи с этим руководство ОАО «Заря» приняло решение о проведении модернизации МДС в два этапа: на первом этапе реализовать систему управления на ПЛК, сохраняя существующее ТО, на втором — последовательно заменять ТО на весовой принцип работы.



Рис. 1. Временная система управления СДМ5 МДС

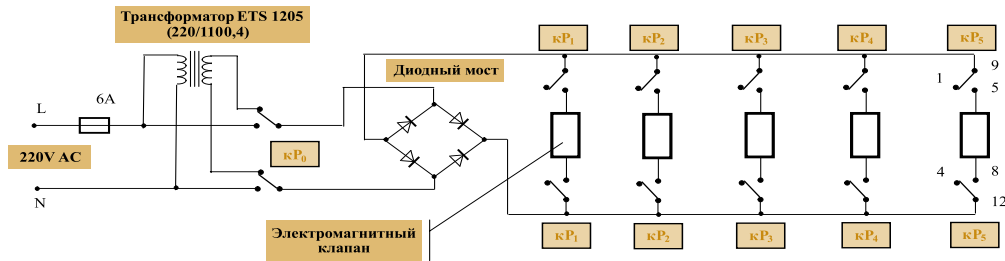


Рис. 2. Схема подключения электромагнитных клапанов

Перед разработчиками была поставлена задача модернизации системы управления двух пятикомпонентных временных МДС на ОАО «Заря». На начальном этапе был проведен анализ ТО и алгоритма работы операторов.

В ТО МДС для управления подачей компонентов используются электромагнитные клапаны, работающие в двух режимах. По команде на подачу компонента на электромагнитный клапан необходимо кратковременно подать ≈ 220 В и далее переключить напряжение на ≈ 110 В до окончания операции. Для реализации этого режима в схему системы введены трансформатор 220/110, диодный мост и управляющие реле, которые представлены на рис. 2.

Операторы МДС в течение смены изменяют настройки параметров МДС для выпуска более 40 видов продукции. При переходе с одного вида продукции на другой они с большими временными затратами вручную вводили новые параметры компонентов. Достоверность введенных параметров зависела от состояния оператора и непосредственно влияла на качество продукции. При этом параметры выпускаемой продукции утверждаются технологами одновременно и являются постоянными величинами. Новые значения параметров вводятся только в ходе тестирования новых сортов продукции.

При выборе ПЛК разработчикам была предоставлена свобода. На момент выполнения проекта сотрудники лаборатории были хорошо знакомы с ПЛК фирмы Kooyo (www.automationdirect.com). Семейство Direct Logic 05, 06 и 205 с модулями ввода/вывода и соответствующим ПО было подарено фирмой «Прикладные исследования и разработки» (Санкт-Петербург, www.pir-spb.ru) для учебного процесса СПбГУАП. Эти обстоятельства в основном определили выбор ПЛК DL05 D0-05DD с транзисторными выходами. Релейные выходы реализованы вне контроллера, что обеспечивает простоту ремонта при подгорании контактов реле.

Здесь следует заметить, что данные контроллеры не очень известны в России, так как фирма в основном ориентирована на рынок США. Однако в документации фирмы детально представлены описания и схемы цепей I/O ПЛК и типы используемых контроллеров, что очень важно при эксплуатации систем. При относительно низкой цене для всего семейства ПЛК применяется один пакет программирования DirectSOFT5 с возможностью реализации параллельных процессов (стадий-

ное программирование), кабель для программирования прост в изготовлении. Недостатки: один язык программирования ПЛК и нерусифицированный интерфейс.

В качестве базового решения при построении системы было предложено использовать идеи

виртуальных приборов, которые реализованы фирмой National Instruments на языке графического программирования LabVIEW [2]. Данный подход предполагает разработку многооконного режима работы для оператора и использование программно-аппаратных систем для эмулирования аппаратных решений клавиатуры, кнопок управления, информационных табло и т. п. Для реализации идей виртуальных приборов в состав системы управления введена промышленная сенсорная панель Weintek 6070iH, и используется пакет программирования EasyBuilder 8000 (www.plcsystems.ru). Промышленные панели оператора все больше превращаются в многофункциональные устройства человеко-машинного интерфейса (ЧМИ). Функции типовой панели в системах автоматизации заключаются в предоставлении оператору дружественного интерфейса, получении от него данных и передаче полученных данных управляющему элементу — ПЛК. При использовании данной схемы всю нагрузку по обработке данных берет на себя ПЛК. При необходимости сложного преобразования пользовательских данных существенно усложняется процесс программирования ПЛК.

Сенсорная панель и SCADA-системы

Совершенно иные возможности предоставляют сенсорные панели Weintek (www.weintek.com) со встроенной ОС Windows CE и системой программирования Easy Builder 8000. Сенсорные панели этого типа обладают встроенным языком макросов. Последний позволяет производить сложные преобразования данных (арифметические операции с фиксированной и плавающей точкой, большой набор математических функций), хранимых как в оперативной или внешней памяти самой панели ЧМИ, так и в памяти ПЛК. Запуск макросов панели Weintek осуществляется по событию. «Событием» может быть как интерактивное действие пользователя (нажатие кнопки, окончание ввода данных), так и появление «разрешающего» значения в битовой ячейке памяти панели или подключенного ПЛС («разрешающим» значением может быть как «0», так и «1»). Дополнительной особенностью некоторых панелей Weintek является наличие хост-контроллера интерфейса USB, который подключает к панели как внешние устройства ввода данных (клавиатура, мышь), так и устройства внешней памяти.

На рис. 3 представлено базовое окно оператора в режиме дозирования (отдачи компонентов). Для



Рис.3. Главное окно оператора в режиме дозирования



Рис.4. Дополнительное окно для реконфигурации системы

удобства работы оператора система отображает время дозирования и вес отгружаемого компонента. Оператору привычнее в своей работе использовать вес, а время необходимо для оценки окончания процесса отдачи компонентов. Значение веса система вычисляет по формуле (рис. 4), где коэффициент K_i для i -го компонента подбирается экспериментальным путем. Для тестирования новых рецептов пользователи переходят в окно, которое представлено на рис. 5. При настройке системы на новые компоненты предусмотрен режим «администратора» (рис. 4), который не доступен операторам.

Таким образом, при использовании таких панелей в системах управления предполагает уход от применения SCADA-систем [3]. С учетом наличия встроенных аппаратных и программных решений в сенсорных панелях Weintek предлагается несколько иная схема организации взаимодействия между оператором, устройством ЧМИ и ПЛК, где контроллер полностью освобождается от преобразования пользовательских данных. Обработка данных происходит по следующей схеме: пользователь вводит данные в окно ЧМИ и в сенсорной панели запускается макрос преобразования, в котором введенные данные могут быть преобразованы произвольным образом. Далее преобразованные данные поступают в ПЛК. При реализации этого подхода ПЛК будет выполнять лишь задачу управления технологическим оборудованием, без затрат времени и программной памяти на организацию каких-либо преобразований данных.

Единственный разумный способ учесть людей чему-либо - это подавать им пример.
Альберт Эйнштейн

В системе управления панель Weintek получает от пользователя значение необходимого веса или объема каждого компонента, преобразует полученные значения во временные параметры на основании заранее введенных настроечных коэффициентов путем выполнения арифметических операций с фиксированной точкой. Временные параметры дозирования передаются контроллеру, который осуществляет управление запирающим оборудованием (затворы, клапаны) на основании полученных временных характеристик. По окончании каждого цикла дозирования контроллер устанавливает сигнал согласования с ЧМИ, по которому панель считывает значение счетчика времени дозирования. На основании значения счетчика осуществляется ориентировочный подсчет расхода компонентов. Значения расхода сохраняются на внешнем носителе и могут быть прочитаны как непосредственно из системы управления, так и при помощи универсального ПК.

В системах описываемого типа хранение данных может осуществляться на внешнем носителе информации, подключенном к хост-контроллеру USB панели ЧМИ. Это позволяет использовать контроллеры без наличия энергонезависимой памяти данных, а также использовать для ввода основных настроечных параме-



Рис.5. Окно для ввода параметров новых рецептов

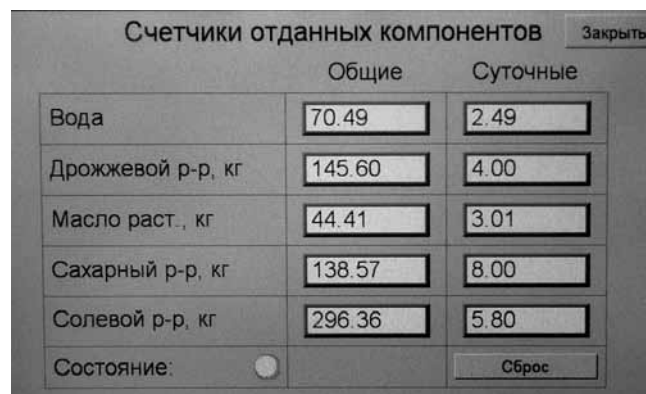


Рис.6. Экран панели с результатами отдачи компонентов



Рис. 7. Процесс тестирования и отладки системы управления временной МСД

тров системы универсальный ПК без непосредственного подключения его к системе управления. ПЛК подает «сигналы запроса обработки» для сенсорной панели (устанавливать «разрешающее» состояние в одной из своих битовых ячеек памяти). При этом следует учитывать, что время отклика панели ЧМИ зависит от многих факторов, наиболее определяющим из которых является загруженность процессора панели.

Внедрение, результаты и перспективы

Предлагаемая схема взаимодействия сенсорной панели Weintek и ПЛК были реализованы в системе управления дискретным дозатором с «временным» принципом дозирования в ОАО «Заря» (рис. 3, 4, 5, 6, 7). При разработке системы управления введено дополнительное системное окно (рис. 4). Сотрудники КИП заказчика имеют возможность менять настройки и реконфигурацию системы в случаях изменения параметров технологического оборудования и для других компонентов. Для ввода параметров в это окно экспериментальным путем подбирали величину K_i для i -го компонента, где $i = 1, 2, \dots, 5$. При этом последовательно отдавали один компонент в окне ввода параметров новых рецептов (рис. 5), далее взвешивали отданный компонент и сравнивали время дозирования компонента и вес. Эксперимент заканчивали, когда вес отданного компонента отличался от заданного веса на 1%. Эта процедура заняла неделю рабочего времени.

В сенсорной панели реализована и выполняется подпрограмма учета (материалов, циклов, рабочего времени). На рис. 6 показан экран панели с результатами отдачи каждого компонента в течение суток и общие результаты за время работы МДС.

Маршалов Андрей Александрович — инженер кафедры вычислительных систем и сетей СПбГУАП.

Контактный телефон (812) 494-70-44.

E-mail: elizarvlad@yandex.ru, gimmarshall@list.ru

Для согласования работы процессоров ПЛК и панели в процессе отладки программ потребовалось ввести информационное окно, которое сообщает оператору о задержки ввода новых данных. Подобное решение задачи учета может быть применено в системах, где сверхвысокое быстродействие не критично. Однако в настоящее время в этом нет необходимости, так как выпускаются сенсорные панели с быстрыми процессорами, серия MT8000iE и другие, где нет необходимости введения задержки.

Операторы легко освоили многооконный режим работы, так как в быту используют сенсорные экраны. При выборе рецепта оператору не нужно вводить параметры компонентов, а необходимо только подтвердить выбор рецепта. Таким образом, существенно сократилось число ошибок, связанных с человеческими факторами, и процесс ввода рецептуры компонентов практически сократился до выбора из таблицы требуемой рецептуры в конкретный момент времени. Значительно уменьшились габариты МДС, в шкафу размещены только ПЛК, шесть реле, небольшой трансформатор, а на дверце — панель оператора. Естественно повысилась надежность системы. В течение двух лет эксплуатации заменялось только реле P_0 , у которого в процессе работы пригорали контакты.

Так как руки у операторов в тесте, муке, масле и других компонентах, а виртуальные кнопки «Пуск», «Пуза» и «Стоп» многократно используются в процессе работы, то по предложению заказчиков эти кнопки были продублированы аппаратно, чтобы увеличить срок работы панели. Аппаратные кнопки размещены на дверце шкафа и хорошо видны на рис. 7.

Используя наши идеи построения системы управления МДС сотрудники ОАО «Заря» своими силами модернизировали двухкомпонентные МДС на базе контроллера LOGO! и без панели оператора.

В настоящее время руководством планируется перевести ТО на весовой принцип дозирования, при этом в программах управления необходимо ввести небольшие изменения и добавить модуль аналогового ввода (AI).

Список литературы

1. Егорова И.С., Елизаров В.Н., Маршалов А.А. Автоматизация загрузки и выгрузки расстойного шкафа. // Автоматизация в промышленности. 2012. №2.
2. Тревис Д. LabVIEW для всех. М. ДМК Пресс. ПриборКомплект. 2004.
3. Карпин А.П. Опыт внедрения систем управления теплоэнергетическими установками // Теплоэффективные технологии. 2006. №4.