

С помощью одного малоканального многофункционального программируемого контроллера МИК-51 можно автоматизировать достаточно сложный типовой технологический объект пищевой промышленности

Валерий Викторович Дыхнилкин,
asutp@microl.ua



Контролируемое качество

Что представляет собой качественная продукция? Что мы понимаем под категорией качества как таковой? Если мыслить «шаблонно», то точное определение всегда можно найти в существующих ДСТУ, а именно: качество определяет соответствие характеристик продукции предъявляемым требованиям. В пищевой промышленности вопрос о выпуске качественной продукции стоит особенно остро. В этой статье мы рассмотрим некоторые нюансы производства молочных продуктов, в частности — процесс пастеризации молока.

Важным фактором, который влияет на качество молока и молочной продукции, является его тепловая обработка (пастеризация). Пастеризация проходит при определенной температуре (от + 63 °С до температуры, близкой к точке кипения), которую система автоматизации должна поддерживать с довольно высокой точностью (в большинстве случаев — это $\pm 1-5$ °С). Если рассмотреть простейший вариант,

то молоко в специальном теплообменнике-пастеризаторе подогревается водяным паром до нужной температуры, выдерживается так некоторое время, а потом направляется на дальнейшую обработку. Вот только температура молока в рассмотренном варианте на практике будет «гулять» в довольно больших пределах, что неминуемо скажется на качестве конечного продукта.

Суть в том, что подача пара с котельной на установку будет неравномерной, так как, скорее всего, промежуточным звеном такой цепи является гребенка, куда подключены и другие установки-потребители. Давление пара в магистрали меняется, и как результат — меняется температура молока. И применение быстроредействующих контуров регулирования здесь не поможет.

Выходом из сложившейся ситуации может быть использование промежуточного звена в виде еще одного теплообменника. Получится, что пар греет воду, а вода, в свою очередь, греет моло-

ко в пастеризаторе, то есть, получаем своего рода буфер, который добавит инерционности в систему. Такой контур значительно легче автоматизировать как обвязкой из обычных регуляторов, так и с применением микроконтроллеров.

Контур пастеризации молока

В данной статье речь пойдет о контуре пастеризации молока, который функционирует на Ивано-Франковском молокозаводе уже более двух лет. Основу системы автоматизации контура составляет МИК-51 (рис. 1) — малоканальный многофункциональный программируемый контроллер производства предприятия «Микрол». Для составления программы контроллера служит редактор FBD-программ «Альфа», описание которого приводилось в «МА», №5/2008, с. 24-26.

Структура контура пастеризации молока приведена на рис. 2. Молоко с резервуара Р-1 насосом Н-3 подается в буферную емкость Б-1, из которой через насос Н-2 поступает в теплообменник-пас-

▼ О МИК-51

Контроллер МИК-51 — это проектно-компоуемое изделие, которое позволяет пользователю выбрать нужный комплект модулей и блоков согласно числу и виду входных-выходных сигналов. В зависимости от заказанной конфигурации контроллер может иметь 4 аналоговых (4AI) входа, до 19 дискретных входов (19DI), до 4 аналоговых (4AO) и до 21 дискретного (21DO) выхода.

Прибор имеет встроенные средства самодиагностики: сигнализация и идентификация неисправностей, сигнализация при выходе сигналов за допустимые границы, при сбоях в ОЗУ, нарушении обмена по сети и т. д.

Программирование контроллера выполняется с помощью клавиш передней панели или по интерфейсу с помощью специального программного обеспечения - визуального редактора FBD-программ АЛЬФА. Редактор имеет встроенный отладчик программ, систему логического контроля состояния программы, возможности документирования программ, печати, представления программы в виде таблицы и др.

Контроллер МИК-51 содержит библиотеку функциональных блоков, достаточную для того, чтобы решать сравнительно сложные задачи автоматического регулирования и логико-программного управления.

Библиотека функциональных блоков имеет следующие разделы:

- ▶ **Функциональные блоки ввода-вывода:** интерфейсный ввод-вывод, аналоговый ввод-вывод, дискретный ввод-вывод, импульсный ввод;
- ▶ **Математические функциональные блоки:** умножение, суммирование



Рис. 1. Малоканальный многофункциональный программируемый контроллер МИК-51

с масштабированием, деление, корень квадратный, абсолютное значение, интегрирование, дифференцирование с задержкой;

- ▶ **Логические функциональные блоки:** логическое И, многовходовое И, логическое ИЛИ, многовходовое ИЛИ, исключающее ИЛИ, мажорирование, триггер, регистр, выделение фронта;
- ▶ **Функциональные блоки управления программой:** минимум, максимум, скользящее среднее, задержка, экстремум, ограничение, ограничение скорости, переключатель по номеру, компаратор, таймер, счетчик, мультивибратор, одновибратор, импульсатор;
- ▶ **Функциональные блоки управления технологическим процессом:** фильтр, масштабирование, кусочно-линейная функция, уставка аналоговая, уставка времени, программный задатчик, таймер-сигнализатор реального времени, линейное изменение параметра, регулятор аналоговый, регулятор каскадный, регулятор импульсный, пользовательская панель.

(пастеризованное молоко) будет подан на выход с установки. Если температура продукта выше или ниже нормы — клапан автоматически переключается в положение «0», и молоко возвращается в буферную емкость Б-1 на повторный цикл прохождения через пастеризатор.

Для нагрева молока до указанной температуры в пастеризаторе используется последовательный контур. Суть его работы состоит в следующем. На установку подается водяной пар, который поступает в теплообменник «пар-вода» (Т-1) и передает тепло воде, что циркулирует по замкнутому контуру: насос Н-1 — теплообменник Т-1 — пастеризатор Т-2 — насос Н-1. Вода, в свою очередь, подогревает молоко посредством пастеризатора Т-2. Степень нагрева молока определяется положением регулирующего клапана К-1, установленного на линии подачи пара в теплообменник Т-1.

Система автоматического управления указанным контуром должна учитывать множество нюансов его работы. Прежде всего, точного и быстрого регулирования температуры молока на выходе пастеризатора не добиться использованием простого одноконтурного ПИД-регулирования, что связано с инерционностью системы из двух теплообменников, включенных последовательно.

Данная система является классическим примером необходимости использования каскадного регулирования. Именно такое регулирование используется для контуров, которые имеют большую транспортную задержку по каналу регулирования и в которых есть возможность измерять промежуточную координату, имеющую меньшую инерционность.

В таком случае, оптимальным является формирование контура регулирования температуры молока изменением подачи пара в теплообменник Т-1 с учетом температуры воды на входе в пастеризатор Т-2. Пример контура каскадного регулирования приведен на рис. 3.

Нужно учитывать также необходимость ограничения выхода регулятора, чтобы клапан К-1 открывался постепенно, а в идеале — по заданной кривой.

Кроме того, система автоматического управления должна обеспечивать выполнение корректных действий при аварийных ситуациях на объекте. Сюда входят реакция

теризатор Т-2. Если температура молока на выходе пастеризатора составляет от + 88 до +98 °С, то

автоматика должна переключить клапан кольца К-2 в положение «1», при котором конечный продукт

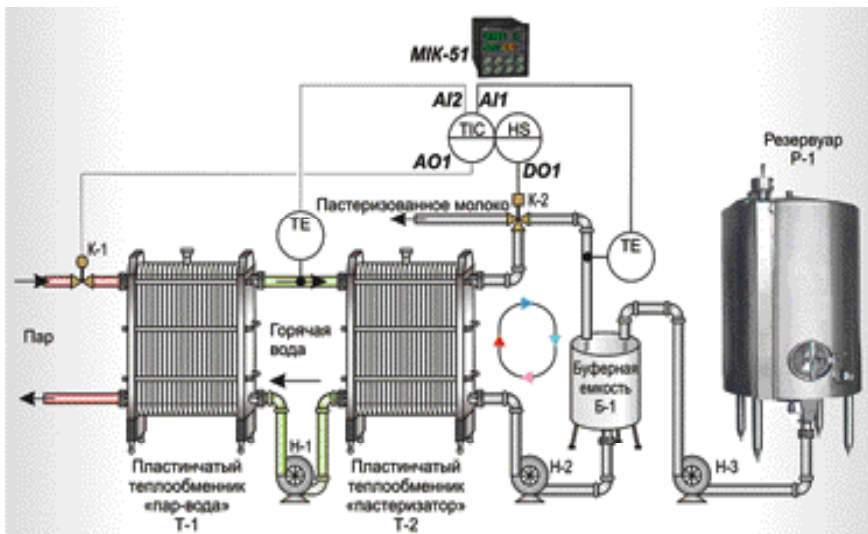


Рис. 2. Структура контура пастеризации молока

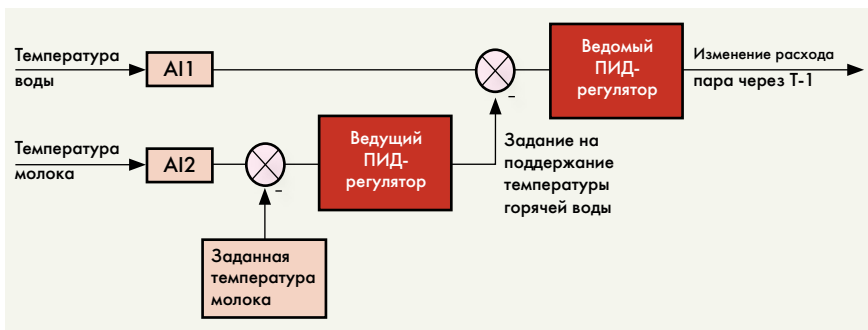


Рис. 3. Пример контура каскадного регулирования

на обрыв линии связи датчиков температуры пара и воды, аварийный перегрев молока или воды, превышение заданной скорости нарастания температуры воды на входе в пастеризатор.

На рис. 4 приведен пример FBD-программы для контроллера

Включение контроллера

Все указанные требования, предъявляемые к системе автоматического управления, с легкостью обеспечиваются автоматизацией объекта с использованием контроллера МИК-51.

Для включения контроллера в контур управления необходимо задействовать 2 аналоговых входа, 1 аналоговый и 1 дискретный выходы. К аналоговому входу AI1 подключается датчик температуры молока на выходе с пастеризатора, ко входу AI2 – датчик температуры воды на выходе с теплообменника Т-1. Дискретный выход DO1 определяет положение клапана кольца К-2. Пневматический исполнительный механизм, управляющий положением клапана К-1 на линии подачи пара в теплообменник Т-1, через электро-пнеumo преобразователь подключается к аналоговому выходу AO1 контроллера.

ра, составленной в редакторе «Альфа». Основным элементом программы является блок каскадного ПИД-регулятора PID_CAS(61) (рис. 5). Блок имеет 2 входа: PV.M (вход ведущего регулятора) и PV.S (вход ведомого регулятора).

Вход PV.M подключен к выходу OUT.SCAL функционального блока аналогового входа №1 AIN(05), то есть значение температуры молока после пастеризатора подается на вход ведущего ПИД-регулятора. Вход PV.S подключен к соответствующему выходу блока аналогового входа №2, что обеспечивает подачу величины температуры воды после теплообменника Т-1 на вход ведомого ПИД-регулятора. Выход регулятора подается на аналоговый выход №1 (блок AOT(08)) и на дисплей «ВИХИД» первой панели индикации (блок USER(63)). Кроме того, при падении температуры ниже установленной границы, на выходе dMIN блока регулятора появляется логическая «1», которая инвертируется и обеспечивает подачу «0» на дискретный выход 1 контроллера, обеспечивая тем самым возврат молока в буферную емкость Б-1.

Ограничение выхода регулятора обеспечивается использованием блока формирования кусочно-линейной функции LINEAR(52).

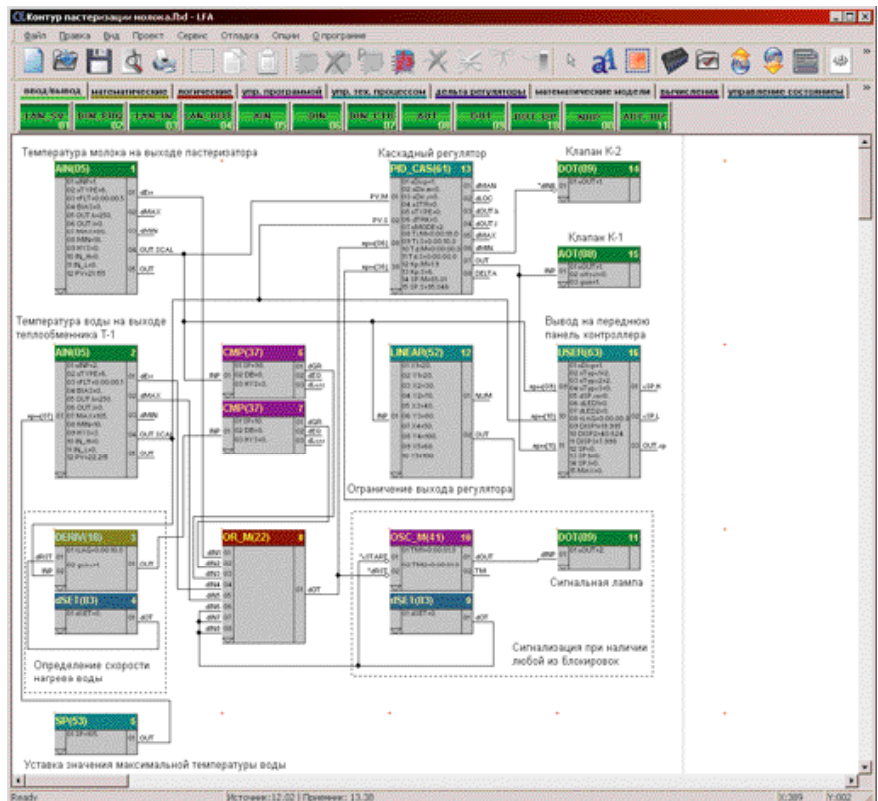


Рис. 4. Пример FBD-программы для контроллера, составленной в редакторе «Альфа»

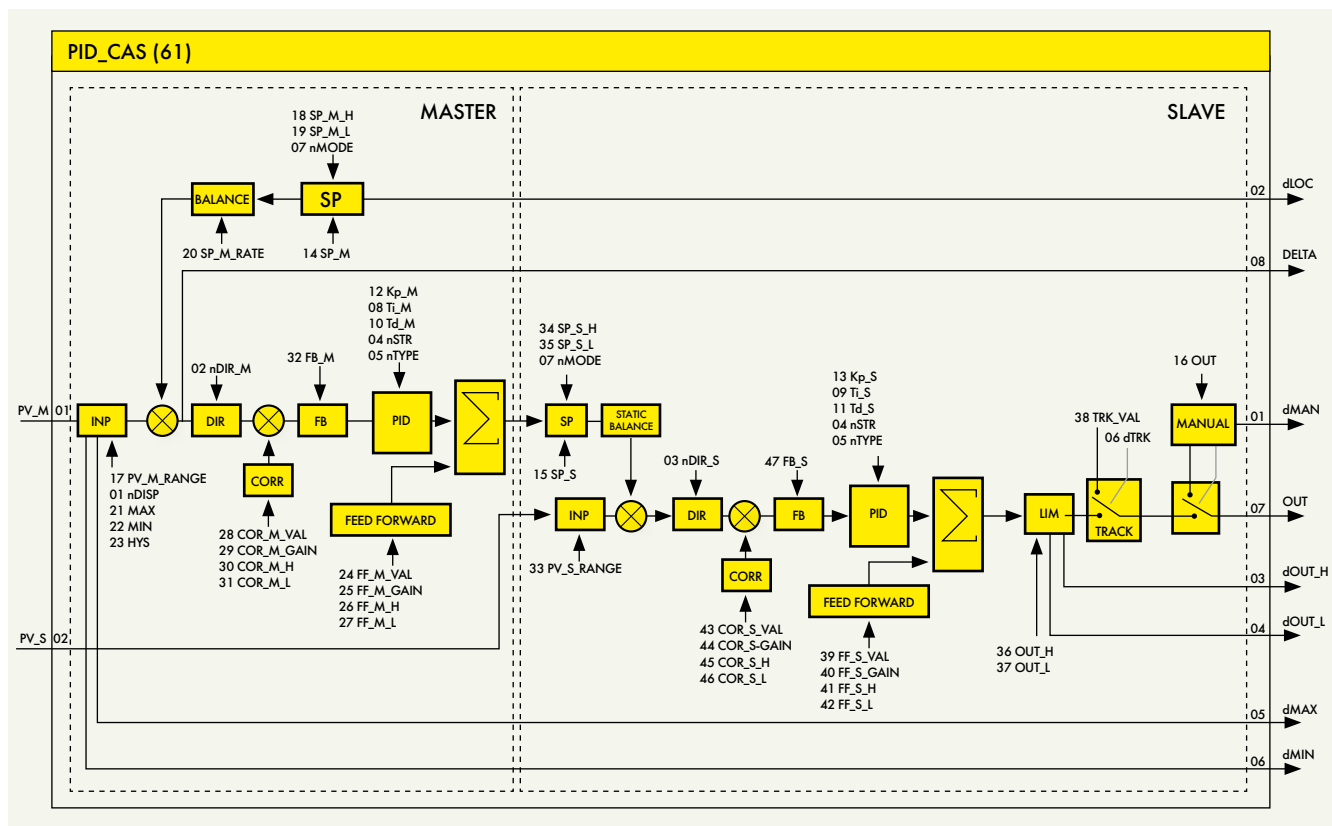


Рис. 5. Внутренняя структура каскадного ПИД-регулятора

Для определения скорости нагрева воды используется блок дифференцирования DERIV(18). Значение скорости сравнивается с заданным (10 °С/с) в компараторе CMP(37). В случае превышения заданного значения на выходе dGR компаратора появляется логическая «1», которая поступает на вход блока многоходового ИЛИ (OR_M(22)), и в конечном итоге, обеспечивает полное закрытие клапана К-1 регулятором и формирует световую сигнализацию. Аналогично функционируют и другие контуры аварийной защиты (обрыв линии датчиков температуры, перегрев молока больше 98 °С и воды выше 105 °С).

Сигнализация при наличии любой из блокировок обеспечивается использованием функционального блока мультивибратора OSC_M(41), который по логическому сигналу высокого уровня с выхода блока ИЛИ будет формировать подачу 1 на дискретный выход DO2 (блок DOT(09)) продолжительностью в 1 с с таким же интервалом паузы.

На первой панели индикации кроме значения выхода регулятора отображается также температура молока (дисплей «ПАРАМЕТР») и температура воды (дисплей «ЗАВДАННЯ»).

Просто и удобно

Как видите, посредством одного контроллера удалось автоматизировать достаточно сложный типовой технологический объект пищевой промышленности. И если у пользователя возникнет желание что-либо подправить в указанном примере, добавить новые функции, автор сочтет свою задачу выполненной. Ведь всех нюансов указанный пример не учитывает. Приведенная программа – это всего лишь образец, руководство к действию а не «ответ на задачу, рассмотренный в конце учебника». В каждом конкретном случае к программированию прибора нужно подходить индивидуально.

Чтоб подвести итог, нужно отметить, что МИК-51 действительно прост в программировании и удобен в эксплуатации. При необходимости, контроллер может быть интегрирован в любую SCADA-систему, поддерживающую протокол ModBus RTU. Кроме того, прибор и его прикладное программное обеспечение хорошо документированы, что не может не радовать конечного потребителя.