

Основными факторами экономической эффективности АСУ дозированием являются: повышение производительности; уменьшение ошибки дозирования; уменьшение времени простоя оборудования; увеличение срока службы оборудования. Решение таких задач, как корректировка доз и влажности комбикорма, а также расчет доз с учетом динамики процесса приводит к стабилизации процесса дозирования и,

Стаценко Глеб Сергеевич – координатор разработок программного обеспечения НПО "Дискрет".

Контактные телефоны: (048)733-68-60, 700-12-25.

Http:// www.diskret-spa.ru www.diskret.com.ua E-mail: diskret.spa@gmail.com

ГАРАНТИЯ ТОЧНОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ – КОНТРОЛЛЕРЫ MASTER

В.Е. Борисов, П.Ю. Яковлев (ООО "НПФ "ИнСАТ-СПб")

Описаны технические характеристики контроллеров Master (производство ООО "НПФ "ИнСАТ-СПб", группа компаний ИнСАТ), применяемых для высокоточного дозирования сыпучих и жидких компонентов.

Ключевые слова: весовое и объемное дозирование, автоматическое и дистанционное управление, калибровка, нестандартный алгоритм регулирования.

Фирма ИнСАТ-СПб с момента своего основания успешно занимается внедрением различных систем дозирования сыпучих и жидких компонентов на комбикормовых предприятиях, заводах по производству строительных смесей, в других отраслях промышленности. Для повышения качества производимой на этих предприятиях продукции необходима максимальная точность дозирования, которая была обеспечена за счет разработки специальных алгоритмов одно- и многокомпонентного весового дискретного и непрерывного дозирования и ввода жидких компонентов. Реализация таких алгоритмов в виде типового решения требует использования специализированных контроллеров (рис. 1-2).

Неудобство использования универсального контроллера для задач дозирования обусловлено трудоемкостью реализации алгоритмов оптимального дозирования, аппаратной избыточностью, необходимостью использования дополнительной операторской панели для обеспечения обязательной в таких системах функции контроля и управления процессом по месту. На российском рынке присутствует совсем немного контроллеров, специализирующихся на задачах весового дозирования. Они не имеют встроенного алгоритма высокоточного дозирования, в них отсутствует возможность расширения ПО средствами пользователя, к тому же они не слишком дешевы.

Проблема была решена разработкой и началом серийного выпуска ИнСАТ-СПб контроллеров серии Master, предназначенных для автоматического и дистанционного управления непрерывным и дискретным, весовым и объемным дозированием сыпучих и жидких ком-



Рис. 1

понентов с использованием дозаторов всех типов. Узкая специализация описываемых контроллеров позволила разработчикам сосредоточиться на оптимизации основных функций прибора. Благодаря этому, а также полному отсутствию аппаратной избыточности удалось добиться очень хорошего отношения цена/функциональность. Свыше 5 лет эксплуатации этих контроллеров показали верность выбранного пути, удобство их применения в любых задачах дозирования.

Все контроллеры серии выполнены в корпусах фирмы VOPLA, для щитового монтажа, имеют переднюю панель, на которой размещены светодиодные, жидкокристаллические индикаторы и четырехкнопочная клавиатура. Подключение внешних сигналов производится через клеммник на задней стенке. Тензорезисторные датчики веса с характеристикой 1...3 мВ/В подключаются непосредственно к дифференциальному входу 16-разрядного АЦП. Входы/выходы контроллеров имеют



Рис. 2

индивидуальную гальваническую развязку. Все контроллеры подключаются к верхнему уровню системы автоматизации через интерфейс RS-232/485 с единым протоколом связи, имеется OPC-сервер.

Контроллеры серии Master-110

Конструктив приборов серии Master-110 имеет стандартный размер 96x96x48 мм с однострочным ярким 6-разрядным индикатором (рис. 3). Рассмотрим особенности существующего модельного ряда контроллеров от простых к более функциональным.

Контроллер *Master* – 110.1 – обычный весоизмерительный контроллер ("весовая головка"). Точность преобразования входного сигнала в естественную величину составляет 0,01%.

Контроллер *Master* – 110.2 – предназначен для управления процессами точного порционного дозирования сыпучих и жидких компонентов, в том числе фасовкой. Контроллер обрабатывает сигналы веса и дискретные сигналы типа сухой контакт, предназначенные для разрешения дозирования и пуска.

Основное отличие от аналогичных контроллеров других производителей – три режима управления исполнительным механизмом: "грубо", "точно" и "досыпка". Режимы переключаются автоматически в соответствии со скоростью изменения веса и его приближения к заданию.

Алгоритм управляющей программы составлен таким образом, что при дозировании постоянно вычисляется величина приращенной массы в единицу времени цикла программы, и соответственно вычисляется величина предупреждения на отключение исполнительного механизма. После остановки исполнительного механизма программа проверяет вес, и если доза не достигла заданного значения, – включается режим "досыпка", и толчками необходимой длительности продукт досыпается до задания. Таким образом, без какой-либо дополнительной настройки прибора автоматически достигается минимальное время набора дозы при максимальной точности дозирования независимо от дозы, плотности дозируемого материала и высоты его столба в бункере. Предельная точность дозирования при этом определяется конструкцией дозирующего шнека, то есть массой зоны возможного обрушения дозируемого материала после остановки привода. Особенно это касается дозирования гигроскопичных, очень мелкодисперсных смесей, содержащих фосфаты, соль и т. д. На хороших шнеках и на жидкостях точность дозирования достигает 1 единицы младшего разряда измеренного значения веса. Задание дозы может вводиться в прибор как с собственной клавиатуры прибора, так и по интерфейсу RS-485 с ПК верхнего уровня.

Следующие контроллеры этой серии фактически являются модификацией *Master* 110.2 для отдельных задач дозирования. Остановимся кратко на их особенностях.

Контроллер *Master* – 110.6 ничем не отличается от базовой модели 110.2, за исключением использования открытого и широко распространенного протокола связи DCON (Adam-совместимый протокол). Эту модель удобно применять в уже существующих АСУТП, базирующихся на других технических средствах с тем же протоколом.

Контроллер *Master* – 110.3 – предназначен для объемного порционного дозирования и фасовки сыпучих и жидких компонентов. Вместо тензовходов используются унифицированные аналоговые входы от датчиков расхода (0...20, 4...20 мА). Алгоритм объемного дозирования проще, чем весового. Контроллер оборудован двумя дискретными входами ("сухой контакт") – "Пуск/Стоп" и сигнал с пускателя исполнительного механизма, а также одним выходом для включения/выключения пускателя исполнительного механизма. Прибор нашел широкое применение в системах непрерывного дозирования, где по технологии требуется непрерывное пополнение расходуемого продукта.

Контроллер *Master* – 110.4 – аналогичен по назначению контроллеру 110.2 и отличается входными сигналами веса от тензометрических датчиков силы, а также алгоритмом управления, рассчитанным на применение исполнительных механизмов с постоянной скоростью подачи продукта. Также предусмотрено управление разгрузкой набранной продукции.

Отличие модели *Master* – 110.5 в том, что дозирование происходит из емкости, установленной на тензодатчики, по убыванию веса. Для автоматического заполнения емкости (при ее опустошении после дозирования нескольких порций) до определенного уровня (загрузки емкости) предусмотрены уставка по весу и управляющий выход. Реализованный в контроллере алгоритм управления обеспечивает точность дозирования без изменения скорости подачи продукта, и не требует использования частотного преобразователя, необходимого при традиционном подходе к этой задаче.

Контроллер *Master* – 110.7 – модификация модели 110.4, отличающаяся возможностью управлять разгрузкой набранной порции продукта с учетом пересыпа, возникающего из-за применения на производстве медленно срабатывающих и изношенных задвижек, либо при дозировании неравномерно поступающего продукта. В результате после разгрузки в бункере остается масса продукта, равная массе пересыпа.

Еще одна модификация той же модели – *Master* – 110.8, имеет дополнительный вход, что позволяет выбрать один из четырех режимов работы, обеспечивающих возможность задать способ дозирования и разгрузки независимо друг от друга по команде оператора или автоматически.

Продолжает ряд модификаций *Master* – 110.9, предназначенный для автономной работы без связи с верхним уровнем. Учет дозированной продукции про-



Рис. 3

исходит с использованием счетчика разрядностью 6 байт, значение которого сохраняется в энергонезависимой памяти прибора.

Контроллер *Master* – 110.10 – самостоятельно управляет работой весовыбойного аппарата и вычисляет массу выбитого продукта. Передача веса в систему управления верхнего уровня осуществляется во время дозирования следующей порции, благодаря чему увеличивается скорость работы всей системы в целом. Благодаря сокращению цикла работы прибор позволяет с высокой точностью дозировать малые порции продукта.

Контроллеры серии *Master-210*

Приборы этой серии имеют большую глубину корпуса (165 мм), а также четырехстрочный индикатор (рис. 4).

Контроллер *Master* – 210.1 используется для автоматического и ручного дистанционного управления весовыми ленточными дозаторами непрерывного действия, применяемыми в различных отраслях промышленности. Контроллер обрабатывает сигналы от тензорезисторных датчиков мостового типа и датчиков скорости. Имеется унифицированный 12-разрядный аналоговый выход (0...10В, 0...5 или 4...20 мА по выбору заказчика), предназначенный для управления дозаторами, оснащенными асинхронными двигателями переменного тока в комплекте с частотными преобразователями. В случае применения прибора на дозаторах, использующих старый привод постоянного тока с ЭПУ, имеющий потенциал ~220В на общем проводе, необходимо использовать внешнее устройство гальванического разделения (контроллер может быть укомплектован таким устройством, выполняющим наряду с функцией гальванической развязки линеаризацию входную характеристику ЭПУ). Прибор позволяет производить калибровку отдельного дозатора, не мешая работающей линии, при полном сохранении всех блокировок, в том числе и останки от соседнего дозатора, равно как и наоборот – работающая линия при останке не мешает калибровке отдельного дозатора. Дополнительная функция прибора – автоматическое закрытие задвижек наддозаторных бункеров при подходе величины отдозированного материала к заданной дозе отсечки. Величина упреждения задается оператором. Прибор поддержан программой верхнего уровня, позволяющей вести автоматический ввод и расчет рецептуры, запуск/останов линий дозирования, распечатку и хранение отчетов по произведенным рецептам, хранения истории работы каждого дозатора и представление ее в графическом виде за продолжительное время.

Контроллер *Master* – 210.2 разработан для управления весовыми дозаторами непрерывного действия бункерного типа.

Точность дозирования жидких и сыпучих компонентов не хуже 0,5% в диапазоне дозирования 1...100% производительности без перенастройки регулятора. Время выхода на режим зависит от точности установки



Рис. 4



Рис. 5

при наладке коэффициента стартового управляющего воздействия и, в принципе, может быть практически равно нулю. Данный коэффициент калибруется один раз при вводе контроллера в эксплуатацию, так как зависит только от реальной максимальной производительности исполнительного механизма.

В процессе дозирования контроллер осуществляет автоматическое заполнение (досыпку или доливку) емкости дозатора с поддержанием заданной производительности во время заполнения. В процессе дозирования производительность и расход вычисляются непосредственно по убыванию веса, во время заполнения емкости текущее значение производительности фиксируется, а счетчик расхода интегрируется от производительности по времени. Управляющее воздействие во время заполнения емкости автоматически корректируется по увеличению веса (высоты столба) вычитанием значения, зависящего только от геометрии бункера и устанавливаемого как параметр один раз при вводе прибора в эксплуатацию. Для получения высокой точности без перестройки регулятора в широких пределах, особенно в области малых производительностей, применен нестандартный алгоритм регулирования с интегрированием не по времени, а по параметру.

Реализация метода непрерывного высокоточного весового дозирования сделала этот прибор уникальным, не имеющим аналогов на рынке. Как и контроллер *Master* – 210.1, прибор поддерживается программой верхнего уровня и может быть интегрирован в единую систему дозирования.

Контроллер *Master* – 210.3 предназначен для управления многокомпонентными весовыми дозаторами бункерного типа (рис. 5). Позволяет осуществлять дозирование до пяти жидких и сыпучих компонентов в один бункер весов с точностью не хуже 0,3% от наибольшего предела взвешивания. Автоматическое дозирование может осуществляться в двух режимах. Первый режим представляет собой последовательное дозирование, при котором каждый компонент дозируется и выгружается из бункера весов последовательно. Во втором режиме компоненты дозируются в бункер весов друг за другом, а выгружаются они все вместе. Выгрузка весов в любом случае происходит по разрешающему сигналу. Указанная точность дозирования достигается дискретным (включить/выключить) управлением питателями дозатора за счет непрерывного вычисления скорости подачи и величины летящего слоя продукта. При необходимости более точного дозирования

может быть применен способ управления питателями с изменением скорости подачи, например, управлением двигателем питателя с помощью частотного преобразователя. Для осуществления такого способа дозирования используется аналоговый выход прибора (0...10 В, 4...20 мА), который изменяет свое значение в зависимости от скорости подачи и степени приближения веса в бункере к заданию. Каждый из пяти питателей дозатора имеет свое задание, предварительно записанное в память контроллера. Контроллер может запоминать до восьми наборов заданий веса, которые выбираются либо с клавиатуры контроллера, либо внешним переключателем, образующим код из трех дискретных сигналов, либо с удаленного АРМ по интерфейсу RS-485.

Контроллер *Master* – 210.4 рассчитан на использование для объемного непрерывного и дискретного дозирования сыпучих и жидких компонентов. Прибор поддерживает заданную производительность управления исполнительным механизмом подачи продукта аналоговым выходом (0...10 В, 0...20 мА). Контроллер ведет учет текущего расхода порции, а также хранит информацию об общем количестве продукта, отдозированного с помощью прибора.

Назначение *Master* – 210.5 – управление конвейерными весами непрерывного действия (может использоваться на конвейерах с производительностью до 6500 т/ч). Контроллер рассчитан на использование в суровых условиях (IP67, -40°C), что позволяет его использовать, например, на угольных конвейерах ТЭЦ.

Контроллер обрабатывает сигналы от тензорезисторных датчиков мостового типа и датчиков скорости импульсного типа, на основании которых ведет подсчет текущего расхода, а также хранит информацию об общем количестве взвешенного продукта. Тип унифицированного 12-разрядного аналогового выхода, пропорционального текущей производительности конвейера, выбирается заказчиком (0...10 В / 0...5 В / 4...20 мА).

Контроллеры серии *Master-310*

Специалисты компании ИнСАТ-СПб постоянно работают над совершенствованием выпускаемых приборов. Новейшая разработка, уже пошедшая в тираж, – контроллеры серии 310, обладающие за счет применения новейшей элементной базы большей производительностью и объемом памяти, расширенной функциональностью и возможностью загрузки пользовательских программ.

Контроллеры имеют два варианта исполнения.

Вариант 1. Состав технических средств:

- 14 дискретных входов типа "сухой" контакт (гальваническая изоляция 1000 В, питание входов от внутреннего источника напряжением 12 В);
- два частотных входа до 10 кГц;
- 24 дискретных выхода типа "открытый коллектор" (гальваническая изоляция 1000 В, питание на-

грузки от внутреннего источника, напряжением до 24 В, максимальный ток 150 мА);

- аналоговый вход сигнала тензодатчика (АЦП 24 бита, питание тензодатчика от прибора 10 В);
- два аналоговых выхода (0...10 В, 0...5 мА или (0...20, 4...20 мА) ЦАП -12 бит);
- один интерфейс RS-485 с гальванической изоляцией до 1000 В;
- расширенный диапазон питания прибора ~85...265 В.

Типичный пример применения этого контроллера – полная автоматизация дозирования многокомпонентными весами без использования дополнительного оборудования.

Вариант 2. Отличается меньшим числом дискретных выходов (16) и дополнительным интерфейсом RS-485 для управления внешними цифровыми модулями (терминалами) оптической развязки (ТОР-24) – до шести терминалов одновременно.

Контроллер *Master* ТОР-24 может комплектоваться устанавливаемыми на посадочную плату входными/выходными одноканальными оптомодулями на рабочие напряжения =24 В, ~220 В. В зависимости от потребности на вход/выход возможно использовать любой из 24-х каналов. Таким образом, объединив по сети RS-485 до шести плат ТОР-24 и, подключив их ко второму порту контроллера, получаем до 144 дискретных входов/выходов в любом сочетании. ТОР-24 можно подключить к любому контроллеру или компьютеру в качестве устройства удаленного ввода/вывода. В блоке питания прибора используются AC/DC и DC/DC конвертеры, что позволяет добиться стабильности работы при скачках сетевого напряжения.

На данный момент серия 310 представлена тремя моделями контроллеров.

Контроллеры *Master-310.1* и *Master-310.2* – аналоги *Master-210.1* и *Master-210.2* с расширенными функциональными возможностями, описанными выше.

Контроллер *Master-310.3* предназначен для управления многокомпонентными весовыми дозаторами бункерного типа. Позволяет осуществить дозирование до 15 жидких и сыпучих компонентов в один бункер весов с точностью не хуже 0,3% от наибольшего предела взвешивания.

Контроллеры *Master* зарекомендовали себя на российском рынке как надежные, удобные и недорогие средства автоматизации. Разработка новых моделей контроллеров продолжается. Среди заказчиков есть не только конечные потребители, но и предприятия, выпускающие оборудование для дозирования. Такое сотрудничество во многом опирается на готовность компании ИнСАТ-СПб к выпуску специальных модификаций прибора под заказ.

Борисов Владислав Евгеньевич – зам. гл. инженера,
Яковлев Павел Юрьевич – программист ООО "НПФ "ИнСАТ-СПб".

Контактные телефоны: (812) 972-04-12, (813) 613-19-07.

E-mail: spb@insat.ru [Http://insat.ru/projects/Typical_projects/KKZ/](http://insat.ru/projects/Typical_projects/KKZ/)