

ЛЕКЦИЯ 14

28.3. Системы регулирования разрежения в газовом пространстве технологических агрегатов

Такие системы широко используются при автоматизации металлургических, тепловых и других агрегатов и установок, имеющих газовое пространство с газо- и пылевыделением (печи кипящего слоя, шахтные печи, вельцевальные печи, котлы для сжигания топлива, сушильные установки и т. д.). Запыленный газ из этих агрегатов необходимо организованно удалять и очищать, не допуская неорганизованных выбросов в окружающее пространство. Для этого нужно во всех элементах газового пространства системы газоудаления автоматически поддерживать небольшое разрежение.

Регулирование разрежения газа в технологической емкости посредством регулирующей заслонки или направляющего аппарата на вентиляторе. Направляющий аппарат – это ряд поворотных заслонок, расположенных радиально по сечению трубопровода на входе в вентилятор (дымосос). Все заслонки имеют общий механический привод, сочлененный с ИМ. В качестве датчика используется датчик давления (разрежения), в газовом пространстве технологической емкости. в качестве ИУ – регулирующая заслонка или направляющий аппарат на вентиляторе. При большом суммарном объеме газового пространства системы газоудаления данный канал регулирования характеризуется значительной инерционностью.

Регулирование разрежения газа в технологической емкости применением частотного преобразователя (ПЧ) привода вентилятора. Это более совершенная по надежности и технико-экономическим показателям система, чем предыдущая система. В качестве ИМ здесь используется ПЧ на вентиляторе. В остальном система подобна предыдущей системе.

28.4. Системы регулирования уровня жидкости или сыпучего материала в технологических емкостях

Уровень жидкостей или сыпучих материалов (далее будем использовать термин «материал») в технологических емкостях является одной из основных характеристик нормального хода процессов. В технологии такие емкости применяются в основном для двух целей: во-первых в них протекают сами технологические процессы, во-вторых в качестве буферных емкостей для демпфирования (сглаживания) колебаний входных потоков. В первом случае предъявляются высокие требования к точности поддержанию уровня, во втором требования к точности невелики и можно использовать более дешевые технические средства контроля и управления.

Способы регулирования уровня в емкостях следуют из уравнения материального баланса для этих емкостей

$$S \frac{dL}{dt} = F_{\text{вх}} - F_{\text{вых}} - F_{\text{рас}}, \quad (28.1)$$

где L – уровень в емкости; S – площадь поперечного сечения емкости; $F_{\text{вх}}$ – входной поток материала; $F_{\text{вых}}$ – выходной поток материала; $F_{\text{рас}}$ – поток материала, расходуемой в емкости по технологии (если материал образуется в емкости, то этот поток будет прибавляться);

Из (28.1) следует, что регулировать уровень можно, изменяя $F_{\text{вх}}$ или $F_{\text{вых}}$, так на практике и делается. Из (28.1) также сразу же следует свойство регулирования уровня в емкости: если $F_{\text{вх}}$, $F_{\text{вых}}$, $F_{\text{рас}}$ не зависят от уровня, то данный ОУ является интегратором с коэффициентом передачи S , то есть в нем отсутствует самовыравнивание. Это свойство нужно учитывать при разработке алгоритма управления уровнем.

Непрерывное регулирование уровня материала в технологической емкости. Среди множества известных датчиков уровня в чаще всего используются ультразвуковые, радарные, зондовые или только для жидкостей гидростатические датчики уровня, в качестве ИУ для жидкостей – те же средства, что в п. 28.3. Для сыпучих материалов в качестве ИУ выступают питатели этих материалов с регулируемой производительностью: ленточные, шнековые (винтовые), лотковые, скребковые, вибрационные, тарельчатые и другие.

Позиционное регулирование уровня материала в технологической емкости. Особенность регулирования в том, что уровень достаточно поддерживать в заданных пределах от верхнего L_g до нижнего L_n . Здесь помимо датчиков уровня в п. 28.4 широко используются электродные (кондуктометрические) и вибрационные, в качестве ИУ для жидкостей – насос или отсечной клапан. Насос включается или клапан открывается на подающем трубопроводе при $L \leq L_n$ и выключается (клапан закрывается) при $L \geq L_g$. Для сыпучих материалов включается и отключается питатель по п. 28.2 с нерегулируемой производительностью. Существенным преимуществом данной системы регулирования является ее более низкая стоимость, в основном за счет более дешевых ИУ.

28.5. Регулирование температуры в технологических агрегатах

Весьма важным параметром, влияющим на ход любого технологического процесса, является температура области, где этот процесс протекает. Особенно это важно для пиromеталлургических агрегатов и процессов. Можно выделить две особенности регулирования температуры. Первая особенность связана с измерением температуры. Дело в том, что любой технологический агрегат имеет достаточно большие геометрические размеры, то есть он распределен в пространстве. Температура в разных точках этого агрегата будет разная, то есть в идеале нам нужна информация о температурном поле агрегата. Но мы не можем поставить датчики во всех точках, более того, часть точек недоступна для измерения температуры (например, в металлургических печах). Компромиссным выходом из затруднения является составление тепловой математической модели (ММ) данного процесса, которая включает в себя доступные (характерные) точки контроля и измеряемые внешние тепловые потоки. Решая уравнения этой ММ в текущем масштабе времени, мы получаем информацию о текущем температурном режиме процесса. Конечно, ММ может быть разной сложности в зависимости от постановки задачи. В простейшем случае мы оцениваем температуру шлака в металлургической печи по доступной для контроля температуре под сводом этой печи.

Вторая особенность также связана пространственной распределенностью агрегатов и значительной теплоемкостью материалов. Эта особенность приводит к большой инерционности (десятки минут и часы), запаздываниям ОУ по каналам регулирования температуры и ограниченностью управляющих воздействий. В результате система регулирования будет характеризоваться длительными переходными процессами, отклонение температуры от задания не могут быть быстро ликвидированы по обратной связи и могут приводить к длительному расстройству процесса. Выходом здесь является применение каскадных систем или комбинированного принципа управления (см. п. 13). В последнем случае для расчета компенсационного регулятора может быть использована тепловая ММ процесса.

14.11 Регулирование температуры в технологической емкости или агрегате при электрическом нагреве. Среди множества известных датчиков чаще всего используются для измерения температур до 500°C термопреобразователи сопротивления, до 1100°C термопары типа ТХА, от 300°C до 1600°C термопары типа ТПР и ТВР, до 2050°C кратковременно – термопары вольфрам-рениевые (ТВР). Реже используются пирометры излучения, термопреобразователи расширения и другие. В качестве ИУ применяются силовые регулирующие блоки управления потоком электроэнергии дискретного или непрерывного действия (см. п. 6 в лекции 4).

14.12 Регулирование температуры в технологической емкости или агрегате при нагреве сжиганием топлива или подачей теплоносителя. Температура измеряется теми же средствами, что в п. 14.11. В качестве ИУ при обогреве жидким или газообразным топливом или подачей теплоносителя используются регулирующие клапаны (см. п. 14.1), также врезанные в трубопровод подачи топлива или теплоносителя. При обогреве твердым топливом в виде сыпучего материала в качестве ИУ выступают питатели этих материалов с регулируемой производительностью: ленточные, шнековые (винтовые), лотковые, скребковые, вибрационные, тарельчатые и другие.

28.6. Системы регулирования соотношения расхода входных потоков в технологические емкости или агрегаты

Часто по технологии требуется обеспечить заданное соотношение подаваемых в технологические емкости или агрегаты потоков входных веществ. Например, при сжигании топлива всегда нужно соблюдать соотношение подачи топлива и воздуха, что обеспечит полноту сгорания независимо от расхода топлива. При приготовлении пульпы должно быть обеспечено соотношение расходов твердого и жидкости. При приготовлении бетона нужно строго соблюдать соотношение подачи на смеситель щебенки, воды и цемента. Можно привести много таких примеров из промышленности. Из этих рассуждений следует, что при регулировании соотношения всегда имеется задаваемый по технологии расход одного из веществ $F_{вед}$, назовем его «ведущий расход». Требуемые расходы других (ведомых) веществ вычисляются по формуле

$$F_i = F_{вед} \cdot \gamma_i, \quad (28.2)$$

где γ_i – коэффициент соотношения (отношения) расхода i – го вещества по отношению к ведущему расходу.

28.7. Системы регулирования величины рН

Величина рН важным параметром, характеризующим состав жидких смесей в химическом реакторе. Широко используется в гидрометаллургии, обогащении, химии и других областей промышленности. Величину рН регулируют изменением подачи в реактор одного из веществ. Система имеет ряд особенностей, которые следует учитывать при ее построении. Во-первых датчики рН-метров не столь надежны, они требуют осторожного обращения, нуждаются в частом внимании и обслуживании. Во-вторых, статическая зависимость объекта по каналу: подача вещества – величина рН характеризуется нелинейностью. Эта нелинейность зависит от вида процесса. Если реализуется процесс нейтрализации, то характеристика имеет резкий подъем в области нейтральных растворов и пологие участки до и после этой области. Для успешного регулирования величины рН нужно использовать нелинейные законы регулирования. Один из вариантов такой системы – применение ПИД-алгоритма с изменяющимися настроенными параметрами.

29. Программное обеспечение распределенной системы управления (PCY)

Программа является неотъемлемой частью любого цифрового устройства. Без программы программируемый контроллер (ПЛК) – это просто «железо», которое нельзя ни для чего приспособить. И только поместив в него программу, мы оживляем это «железо», теперь оно способно выполнять многие удивительные функции: производить безошибочно сложнейшие вычисления, обобщать и систематизировать данные, управлять сложными процессами в реальном масштабе времени, предупреждать об опасных ситуациях, предоставлять информацию оператору в удобном виде и выполнять многие другие действия.

Однако все это совместно и хорошо работает при условии, что используются нужные программы и отдельные элементы PCY «понимают» друг друга. PCY содержит множество территориально распределенных ПЛК, модулей сбора данных (МСД) и других цифровых

устройств, выполняющих функции сбора и обработки данных. Каждое из этих устройств работает по своим программам. В то же время все эти устройства составляют единое целое и должны работать слаженно для достижения общей цели управления. Следовательно, работа всех программ РСУ должна быть согласованной и эти программы должны быть приспособлены для обработки одних и тех же данных. Рассмотрим коротко понятия аппаратного и программного обеспечения.

29.1 Понятия аппаратного и программного обеспечения вычислительной системы

Состав цифровой вычислительной системы называется *конфигурацией*. Приборы и устройства вычислительной системы называют *аппаратной конфигурацией*, или *аппаратным обеспечением*. Совокупность и состав программ этой системы образуют *программную конфигурацию*, или составляют *программное обеспечение*. Ясно, что программы могут быть реализованы аппаратными средствами, кроме того, конечная цель любой программы – управление аппаратными средствами. Поэтому программное и аппаратное обеспечение в вычислительной системе работают в неразрывной взаимосвязи и в непрерывном взаимодействии. Тем не менее аппаратные и программные средства по принципу своей работы сильно отличаются, поэтому их принято рассматривать отдельно.

Аппаратное обеспечение. Современные цифровые приборы и вычислительные комплексы имеют блочно-модульную конструкцию, поэтому аппаратную конфигурацию, необходимую для исполнения конкретных видов работ, можно собирать из готовых узлов и блоков. По способу расположения устройств относительно центрального процессорного устройства (ЦПУ) различают *внутренние* и *внешние* устройства. К внешним относятся устройства ввода-вывода данных (периферийные устройства) и устройства для длительного хранения данных. Согласование между отдельными узлами и блоками выполняют с помощью переходных аппаратно-логических устройств, называемых *аппаратными интерфейсами*. Стандарты на аппаратные интерфейсы в вычислительной технике называют *протоколами*. Итак, *протокол* – это совокупность технических условий, которые должны быть обеспечены разработчиками устройств для успешного согласования их работы с другими устройствами. Многочисленные аппаратные интерфейсы условно разделяются на *параллельные* и *последовательные*. Передача параллельным интерфейсом по восьми каналам (проводникам) производится байтами, поэтому скорость передачи – байт/секунду (байт/с, Кбайт/с, Мбайт/с). Передача последовательным интерфейсом производится по одному каналу битами, здесь скорость передачи – бит/секунду (бит/с, Кбит/с, Мбит/с).

Программное обеспечение. *Компьютерная программа* – это набор упорядоченных команд и данных, которые описывают операции в форме, приемлемой для их выполнения компьютером. Каждый компьютер выполняет свою, уникальную задачу и для ее решения нужна программа. Гипотетически возможно создание для каждого вычислительного устройства своей, уникальной единой программы работы этого устройства для решения данной задачи. Ясно, что из-за сложности задачи создания такой программы это невозможно сделать. Как обычно, здесь используется декомпозиция – разделение общей сложной задачи на ряд более простых, частных задач и раздельное их решение. Решения затем объединяются (композиция), что позволяет решить общую задачу достаточно простыми средствами. Естественным и экономным направлением декомпозиции при создании программ является такое разделение, при котором для решения частных задач создаются универсальные подпрограммы, пригодные для решения частных задач широкого класса. В итоге после объединения подпрограмм создается общая программа, позволяющая решать данную задачу, состоящая из взаимодействующих между собой подпрограмм.

На практике нашло применение разделение программного обеспечения (ПО) на уровни пирамидальной конструкции, при котором каждый следующий уровень опирается на программное обеспечение предыдущего уровня. Можно выделить четыре уровня: базовый, системный, служебный и прикладной (рисунок 28.1).



Рисунок 28.1 – Разделение программного обеспечения (ПО) вычислительного устройства на уровни

Базовое ПО отвечает за взаимодействие с базовыми аппаратными средствами. Как правило, это ПО непосредственно входит в состав базового оборудования и записывается в свое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) на этапе производства этого оборудования.

Системное ПО обеспечивает взаимодействие прочих программ вычислительной системы с программами базового уровня и аппаратным обеспечением, т.е. выполняет «посреднические» функции. Совокупность программ системного уровня образуют ядро *операционной системы* (ОС). Программы ОС, отвечающие за взаимодействие с конкретным устройством, называется *драйвером* устройства, отвечающие за взаимодействие с пользователем – называются *средствами обеспечения пользовательского интерфейса*. Вычислительная система, в которой установлена ОС, готова для установки прикладного ПО. Элементы системного ПО являются универсальными и при создании данной вычислительной системы выбираются из готового набора. Следует заметить, что от выбора системного ПО во многом зависят показатели работы вычислительной системы. В РСУ используются ОС реального времени (ОС РВ). Мы уже говорили о том, что при управлении динамическими процессами нужно опрашивать управляемые переменные и выдавать управляющие воздействия через фиксированные моменты времени. ОС РВ как раз обеспечивает это требование. Наиболее распространены ОС РВ Windows CE, QNX, Neutrino и OS-9.

Служебное ПО предназначено для организации работ по проверке, наладке и настройке вычислительной системы. Программы этого уровня называются *утилитами*. Они служат для расширения функций ОС.

Прикладное ПО – это комплекс прикладных программ, предназначенных для выполнения конкретных заданий вычислительной системы. Как раз прикладные программы обеспечивают весь обширный спектр задач, решаемых этой системой.

При таком разделении общего ПО задача программирования конкретной вычислительной системы переносится на задачу создания прикладного ПО для этой системы. На начальном этапе применения ЭВМ в системах автоматизации использовалась одна центральная ЭВМ с устройствами связи с объектом (УСО), к которой подключались датчики, ИУ и устройства связи с оператором. Прикладное ПО для ЭВМ на этом этапе писали профессиональные программисты на языках высокого уровня. Однако практика показала, что при таком подходе прикладное ПО оказывалось очень дорогим и малоэффективным. Технологам трудно было заранее точно сформулировать требования к программам с учетом особенностей составления этих программ, в итоге после создания программы требовался длительный процесс «доводки» и отладки этих программы. Естественным выходом является участие технологов в процессе программирования, но для этого нужно было упростить процесс программирования. С расширением применения РСУ возникла также проблема согласования работы программ

разных блоков и модулей РСУ, что еще усложняло задачу. Выходом из первого затруднения, как и ранее, явилась декомпозиция, из второго – стандартизация программных интерфейсов и применение открытых систем. Декомпозиция заключалась в разработке специализированных средств программирования для систем автоматизации.

Рассмотрим более подробно основные причины необходимости разработки специализированных средств программирования для систем автоматизации:

1) Требование надежности прикладного ПО. ПО, написанная целиком на алгоритмическом языке для конкретного заказа, содержала слишком много программного кода, на тщательную разработку и тестирование которого не хватало времени.

2) Сжатые сроки внедрения и ограниченная стоимость работ. Для создания системы в короткий срок при ограниченном бюджете требовалось большое количество готовых программных компонентов, уже написанных и тщательно оттестированных.

3) Необходимость модификации системы в процессе ее эксплуатации. Внести изменения в специализированную программу мог только программист, ее написавший и работающий уже на другом предприятии. Поэтому вместо модификации приходится писать программу заново.

4) Требование совместимости с другими системами автоматизации, работающими на том же предприятии. Для этого необходимы стандартные интерфейсы между программами, созданными разными производителями на разных аппаратно-программных платформах.

5) Высокие требования к качеству пользовательского интерфейса. Ограниченный бюджет времени и финансовых ресурсов не позволял разработать достаточно хороший программный интерфейс на универсальных языках.

Перечисленные причины привели к следующему разделению труда по созданию программных средств для систем автоматизации: фирмы, специализирующиеся на прикладном ПО создают универсальные системы программирования задач автоматизации (SCADA-пакеты и стандартные средства программирования контроллеров), а инжиниринговые фирмы (системные интеграторы) адаптируют эти средства к нуждам конкретного заказчика. SCADA – аббревиатура Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных, о SCADA – системах можно найти сведения в литературе. В результате достигается решение всех перечисленных выше проблем. Теперь благодаря существенному упрощению процесса программирования изменения в алгоритмы управления могут быть внесены технологами эксплуатирующей организации без привлечения системных интеграторов или программистов.

В настоящее время заказные программы для сложных систем естественным путем вытеснены с рынка промышленной автоматизации SCADA-пакетами и аналогичными универсальными средствами, а также средствами программирования контроллеров на языках стандарта МЭК 61131-3.

Для простых систем автоматизации SCADA-пакеты часто оказываются все-таки дорогими. Простой пример: нужно автоматизировать процесс сжигания топлива в небольшой котельной. Нужно создать 2-3 контура регулирования и вывести информацию по не более 10-и переменным. Приобретать SCADA-пакет, осваивать его и адаптировать к данной задаче слишком долго и дорого. Здесь по-прежнему оказывается выгодным создание специализированных программ. Экономически целесообразно также разрабатывать специализированные программы для серийно тиражируемых однотипных систем автоматизации. Тем не менее специализированные программы содержат в своем составе универсальные подпрограммы, настроенные на выполнение конкретной задачи.