

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ СЫРЬЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ В СОСТАВЕ СИСТЕМ АСДУ

© 2011 Н.Б. Сибирцева, А.Н. Потапенко, А.Н. Семернин

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Поступила в редакцию 20.03.2011

В состав автоматизированных систем управления процессом измельчения входят локальные системы автоматизации загрузки мельниц, системы централизованных маслостанций и др. На базе этого типа локальных систем автоматизации представлены возможности их частичного объединения с целью автоматизации процесса загрузки мельниц.

Ключевые слова: *автоматизированная система мельницы, система смазки, контроллеры, автоматическое регулирование*

Современное производство, обеспечивающее переработку сырьевых материалов в готовый продукт, представляет собой сложный автоматизированный комплекс технологического оборудования. Качество этого продукта определяется технологическим процессом, начиная с карьера, приготовления и корректировки сырьевых смесей, включая стадии дробления и измельчения. Для обеспечения надежности и бесперебойной работы дробильно-измельчительного оборудования применяются современные автоматизированные маслостанции, основной задачей которых является стабилизация температурного режима работы подшипников, венцовых пар, редукторов и др. [1, 2]. В замкнутую схему мельницы самоизмельчения в основном входят бункер с питателями, мельница, зумпф, насос гидроциклона, гидроциклон и др. Замкнутую схему обеспечивает гидроциклон, в верхней части которого при классификации выделяется готовый продукт, а пульпа из его нижней части возвращается в мельницу для дополнительного измельчения. Уровень загрузки мельницы в большей степени влияет на мощность, потребляемую электродвигателем мельницы и эффективность процесса измельчения. Для оперативного управления загрузкой мельницы локальные автоматизированные системы входят в состав автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) процессом измельчения (см. рис. 1).

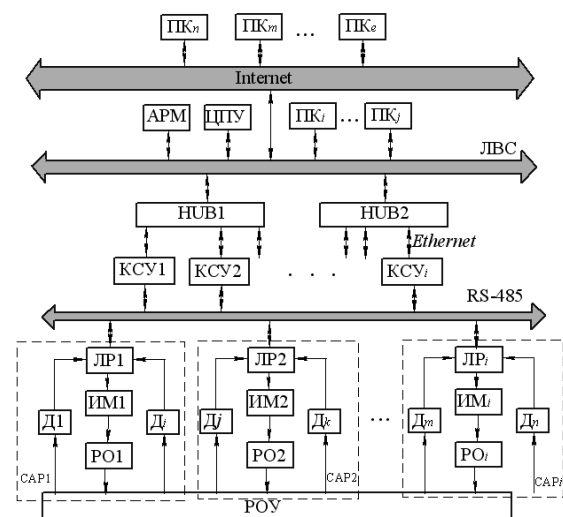


Рис. 1. Обобщенная блок-схема АСДУ процессом измельчения

В структуру обобщенной АСДУ процессом измельчения в виде распределенного объекта управления (ПОУ) входят следующие системы и элементы: локальные САР1, САР2, ..., САРi, включающие локальные регуляторы ЛР1, ЛР2, ..., ЛРi, датчики технологических параметров (Д1, ..., Дn), исполнительные механизмы (ИМ1, ИМ2, ..., ИМi), регулирующие клапаны (РО1, РО2, ..., РОi) и др. Кроме того, в состав АСДУ также входят промышленные контроллеры среднего уровня КСУ1, КСУ2 ... КСУi, связанные с локальными регуляторами ЛРi. В связи с большим количеством мельниц, задействованных в процессе измельчения и распределённостью оборудования каждой мельницы в АСДУ используется интеграция различных сетей, например, на базе RS-485, технологий Ethernet и др. В системе управления используются HUBi – устройства, служащие для

Сибирцева Наталья Борисовна, старший преподаватель кафедры электротехники и автоматики. E-mail: sibirteva@intbel.ru

Потапенко Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры электротехники и автоматики. E-mail: potapenko@intbel.ru

Семернин Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики. E-mail: SAN@intbel.ru

«разветвления» сигналов в сегменте сети. Через сети Ethernet (ЛВС) с помощью ПКi главные специалисты предприятия, операторы, технологи, разработчики системы на базе автоматизированных рабочих мест (АРМ) получают непосредственный доступ к информации от объектов. Удаленный доступ к обзору систем автоматизации возможен на базе Internet.

Верхний уровень АСДУ предназначен для наблюдения, регулирования, получения информации и архивирования данных по процессам, протекающим в распределенных системах и объектах. На этом уровне происходит взаимодействие диспетчера с различными процессами на основе человеко-машинного интерфейса, реализованного с помощью технологий SCADA-систем. На этом уровне АСДУ расположен ЦПУ на базе сервера с АРМ диспетчера, а также и другие АРМы. Автоматизация управления на нижнем уровне обеспечивает локальную стабилизацию или изменение технологических параметров процесса по заданной программе, постоянную или оптимальную производительность агрегатов или оборудования, а также автоматический контроль различных параметров, сигнализацию, регистрацию, блокировку и т.д. С появлением программируемых микропроцессорных систем получили распространение конфигурируемые распределенные системы DCS (Distributed Control Systems – распределенные системы управления) на базе различных типов контроллеров. Для этого уровня автоматизации характерны контроллеры универсальные, специализированные, программно-логического типа и др. Контроллеры с ПИД-регуляторами (на основе пропорционально-интегрально-

дифференциального закона регулирования) вырабатывают выходные сигналы Y_i , которые рассчитываются по формуле [3]:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot \left[E_i + \tau_D \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} + \frac{1}{\tau_u} \sum_{i=0}^n E_i \cdot \Delta t_{изм} \right] \cdot 100\%, \quad (1)$$

где X_p – полоса пропорциональности; E_i – отклонение; τ_D – постоянная времени дифференцирования; τ_u – постоянная времени интегрирования; ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1} ; $\Delta t_{изм}$ – время между

двумя соседними измерениями t_i и t_{i-1} ; $\sum_{i=0}^n E_i$ – накопленная в i -й момент времени сумма отклонений регулируемой величины от заданной. Если какие-то из составляющих универсального закона регулирования (уравнение (1)) не используются, то регулятор становится пропорционально-интегральным (ПИ-регулятором), пропорциональным (П-регулятором) и т.п.

В состав локальных систем нижнего уровня АСДУ входят также САР для обеспечения смазки трущихся частей механизмов мельницы на основе централизованных маслостанций. Для определения поступления первичной информации от датчика давления, находящегося в одной из систем централизованной смазки, в автоматизированной системе загрузки мельницы выполним анализ особенностей функционирования основных систем смазки. Схема системы централизованной смазки мельницы с применением насосов высокого и низкого давления представлена на рис. 2.

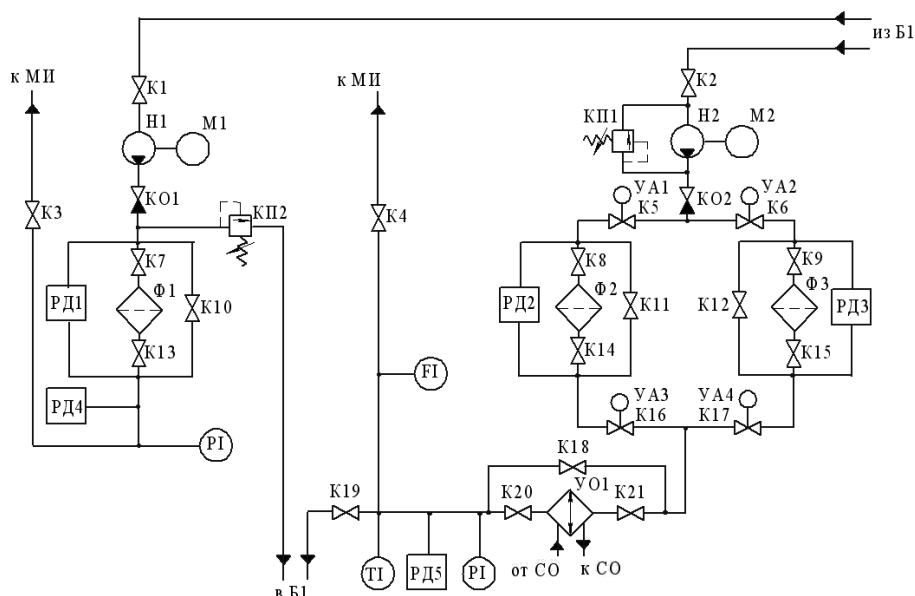


Рис. 2. Схема основной части маслосмазки подшипника мельницы

В исследуемом случае первичная информация, получаемая с датчиков давления в гидросистемах смазки мельницы, будет использована не только для локальных САР загрузки мельницы, но и будет доступна операторам этих мельниц. Обозначения элементов системы смазки подшипника на схеме (см. рис. 2) следующие: шаровые краны К1-К4, К7-К15, К18-К21, электроприводы М1 и М2 соответственно насосов высокого (ВД) Н1 и низкого давления (НД) Н2 мельницы, предохранительные клапаны КП1 и КП2, клапаны обратные КО1 и КО2, клапаны К5, К6, К16, К17 с соответствующими электромагнитными приводами УА1-УА4, маслофильтры Ф1-Ф3, реле перепада давления РД1-РД3, реле-давления РД4 и РД5, маслоохладитель УО1, приборы для измерения соответственно расхода FI , давления PI и температуры TI . Дополнительные обозначения следующие: мельница МИ (подача маслосмазки к подшипнику мельницы), маслосмазка Б1 и связь с системой охлаждения СО маслосмазки. Уровень загрузки мельницы может контролироваться [4] по потребляемой мощности электродвигателя мельницы $P_{пр}$ или по давлению маслосмазки в опорных подшипниках мельницы p_m (рис. 3). Для мельниц самоизмельчения стабилизация уровня загрузки барабана исходным материалом обеспечивается путём воздействия на частоту вращения привода питателя.

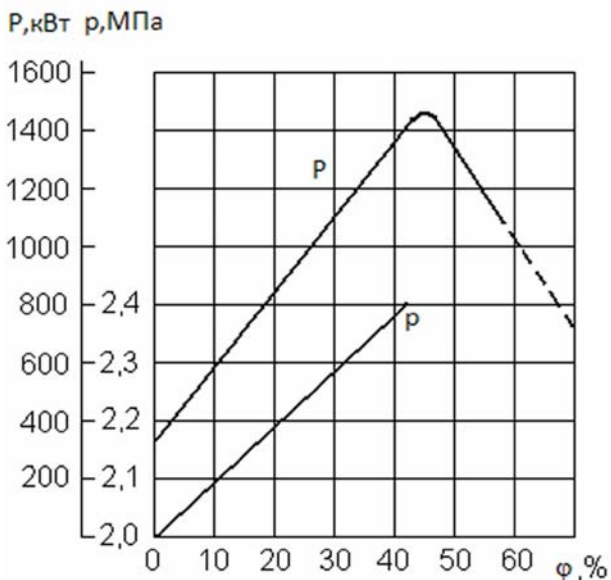


Рис. 3. Пример зависимостей $P_{пр}$ и p_m для мельницы самоизмельчения

Из статических характеристик можно выделить два канала регулирования «потребляемая мощность $P_{пр}$ – частота вращения привода питателя» или «давление масла p_m – частота

вращения привода питателя». Анализ автоматизированной системы смазки мельницы показывает следующее. Во-первых, возможно получение первичной информации от датчика давления, находящегося в одной из систем централизованной смазки, для использования этой информации в автоматизированной системе загрузки мельницы, так как изменяется давление при изменении степени загрузки мельниц типа «Гидрофол» и других типов сырьевых мельниц. Во-вторых, для получения функциональной связи между загрузкой мельницы и давлением в гидросистеме насоса/насосов систем централизованной смазки необходимо обеспечить стабилизацию расхода жидкого масла в системах смазки мельницы. В-третьих, необходимо предусмотреть компенсацию возмущающих воздействий в работе систем централизованной смазки с учетом нагрева или охлаждения масла в различные периоды года.

Основные контролируемые параметры процесса охлаждения входного подшипника мельницы с помощью централизованной системы смазки с учётом схемы на рис. 2, следующие (с учетом старта главного электродвигателя мельницы и при допустимых значениях):

1) входные:

- y_1 – давление (расход) масла насоса ВД (больше минимального);
- y_2 – давление (расход) масла насоса ВД (меньше максимального);
- y_3 – давление (расход) масла насоса НД (больше минимального);
- y_4 – давление (расход) масла насоса НД (меньше максимального);

2) выходные:

- x_1 – температура подшипника мельницы (меньше максимального);
- x_2 – насос ВД включён (более 3 мин.);
- x_3 – насос НД включён (более 3 мин.);
- x_4 – перепад давления на маслофильтре в системе насоса ВД (фильтр не засорён перепад давления меньше заданного);
- x_5 – перепад давления на маслофильтре в системе насоса НД (фильтр не засорён перепад давления меньше заданного);
- x_6 – температура масла в баке (больше минимальной);
- x_7 – температура масла в баке (меньше максимальной);
- x_8 – температура масла подшипника в системе подачи насоса НД (меньше максимальной);
- x_9 – циркуляция (расход) масла в системе насоса НД;
- x_{10} – уровень масла в баке (больше минимального).

В локальных САР загрузки МИ разрабатывается подход для применения контроллера на базе ПИ-регулятора (уравнение (1) при $\tau_D = 0$) с алгоритмом формирования управляющей команды на исполнительный механизм отличным от существующих, для которых структурная схема системы автоматизации ОУ имеет вид, показанный на рис. 4, при этом обозначения следующие:

$W_{\pi}(p)$ – передаточная функция П-регулятора;
 $W_{и}(p)$ – передаточная функция И-регулятора;

$W_{им}(p)$ – передаточная функция исполнительного механизма;

$W_{oc}(p)$ – передаточная функция, например, датчика перемещения вала исполнительного механизма;

$W_{po}(p)$ – передаточная функция регулирующего органа;

$W_{oy}(p)$ – передаточная функция ОУ;

$W_{дтп}(p)$ – передаточная функция датчика технологического параметра.

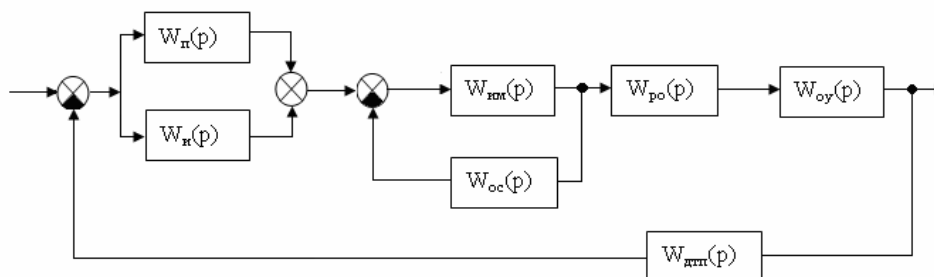


Рис. 4. Структурная схема промышленного ПИ-регулятора

ПИ-регулятор со структурой, как на рис. 4 ($W_{\pi}(p)$ и $W_{и}(p)$), имеет не зависящие друг от друга параметры настройки k_p и $\tau_{и}$. Передаточная функция этого типа регулятора имеет следующий вид:

$$W_{\piи}(p) = k_p + 1/\tau_{и}p \quad (2)$$

На практике широко применяется структура модернизированного ПИ-регулятора, реализующая закон регулирования в виде

$$Y(t) = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{\tau_{ио}} \int_0^t \varepsilon dt \right)$$

Здесь $\tau_{ио}$ – принято называть постоянной времени изодрома или просто временем изодрома; ε – отклонение регулируемой величины ОУ от заданной.

Передаточная функция этого типа регулятора следующая:

$$W_{\piи}^*(p) = k_p (\tau_{ио} p + 1) / \tau_{ио} p. \quad (3)$$

Таким образом, ПИ-регулятор с $W_{\piи}^*(p)$ имеет взаимосвязанные параметры настройки постоянных регулятора в отличие от исходного. В целом эти регуляторы могут реализовать заданный закон регулирования, если объект управления типа теплового с ТЭНом для изменения температуры. Если ОУ иного типа и в структуре САР применяется исполнительный механизм, тогда для формирования управляющей команды необходимо учитывать динамические

свойства этого исполнительного механизма. Как правило, коррекция осуществляется путём охвата исполнительного механизма (ИМ) отрицательной обратной связью на базе датчика перемещения вала ИМ. В разрабатываемой структурной схеме САР (см. рис. 4) для устранения датчика перемещения и модернизации алгоритма формирования управляющей команды вводится дополнительное устройство между ИМ и регулятором, позволяющее напрямую подавать управляющую команду от регулятора к ИМ и улучшающее качество регулирования.

Выводы: исследования процесса охлаждения подшипника мельницы в виде распределенного ОУ на основе математической модели как в [5] необходимы для стабилизации температуры жидкой смазки в трубопроводе магистрали системы маслосмазки, в которой расположен датчик давления, и в целом для системы регулирования уровня в МИ. Коммерциализация полученных результатов востребована предприятиями – производителями строительных материалов в Белгородской области, например, для сырьевых мельниц типа «Гидрофол», для ГОКов, например, для мельниц самозмельчения и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Госман, А.И. Централизованные системы смазки для дробильно-измельчительного оборудования // Горная промышленность. 2004. №4. С. 29-32.

2. Зябрев, М.А. Автоматизированные централизованные системы смазки горных и обогатительных машин / М.А. Зябрев, В.А. Зябрев, М.И. Шупиченко, М.В. Полянский // Материалы научно-практической конференции НПО «РИВС-2008». – СПб, 2008. С. 49-51.
3. Компоненты автоматизации ОВЕН. Простой подход к современным решениям: каталог. 2007. 224 с.
4. Троп, А.Е. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик / А.Е. Троп, В.З. Козин, Е.В. Прокофьев. – М.: Недра, 1986. 303 с.
5. Сибирцева, Н.Б. Методы измерения уровня загрузки мельниц, основанные на физических процессах современных централизованных систем смазки / Н.Б. Сибирцева, А.Н. Потепенко, Н.А. Семилетов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т12. 2010. № 4(3). С. 694-697.

FEATURES OF AUTOMATION THE LOADING OF RAW MILL AS A PART OF AUTOMATED DISPATCHING MANAGEMENT SYSTEMS

© 2011 N.B. Sibirtseva, A.N. Potapenko, A.N. Semernin

Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov

The structure of the automated control systems of crushing process includes local systems of automation the loading of mills, systems of centralized oil stations, etc. On the basis of this type of local automation systems are presented the possibility of their partial association for the purpose of automation the process of mills loading.

Key words: *mill automated system, greasing system, controllers, automatic regulation*

Natalia Sibirtseva, Senior Teacher at the Electrotechnics and Automatics Department. E-mail: sibirtseva@intbel.ru
Anatoliy Potapenko, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Electrotechnics and Automatics Department. E-mail: potapenko@intbel.ru
Andrey Semernin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Electrotechnics and Automatics Department. E-mail: SAN@intbel.ru