

УДК 681.533.56

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОМ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГАЗА

Колотов А.А., магистрант;

Недвиг А.В., доцент, к.т.н., Иванов Б.А., доцент, к.т.н.

(Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия)

В магистральном транспорте газа широкое применение нашли узлы редуцирования газа (УРГ), включающие в себя два и более регулирующих органа, в качестве которых часто используют краны-регуляторы (КР) шарового типа.

Несмотря на высокую надежность самого шарового затвора, для данного вида регулирующих органов характерны эксплуатационные недостатки:

- частые отказы из-за некорректной работы систем управления;
- сложности в наладке автоматического режима;
- отсутствие средств совместного управления кранами в составе УРГ, выступающих в роли целостных объектов управления (ОУ);
- отсутствие в электронных блоках управления средств, необходимых для интеграции автоматизированных УРГ в корпоративную SCADA-систему;
- неудовлетворительные динамические свойства (длительные переходные процессы, значительные колебания и тому подобное).

Указанные недостатки проявились при эксплуатации УРГ на магистральных газопроводах ООО «Севергазпром». В связи с этим возникла необходимость разработки базовых алгоритмических и технических решений по реализации системы автоматического управления (САУ) УРГ.

При разработке функциональной схемы ставилась задача реализации следующих функций САУ УРГ:

- 1) совместное автоматическое управление угловым положением затворов КР1 и КР2 в замкнутом контуре давления (режим стабилизации давления);
- 2) автоматическое управление угловым положением затвора КР1 при ручном управлении затвором КР2 (полуавтоматический режим 1);
- 3) автоматическое управление угловым положением затвора КР2 при ручном управлении затвором КР1 (полуавтоматический режим 2);
- 4) совместное ручное управление угловым положением затворов КР1 и КР2 (ручной режим совместного разомкнутого управления);
- 5) отдельное ручное управление угловым положением затворов КР1 и КР2 (ручной режим независимого разомкнутого управления);
- 6) местное и дистанционное задание уставок давления и углов;
- 7) распознавание аварийных ситуаций, реализация стратегий выживания;
- 8) местная и дистанционная индикация и сигнализация режимов работы и аварийных ситуаций;
- 9) связь с вышестоящим уровнем через систему телемеханики.

С учетом вышесказанного разработана функциональная схема САУ УРГ, показанная на рисунке 1.

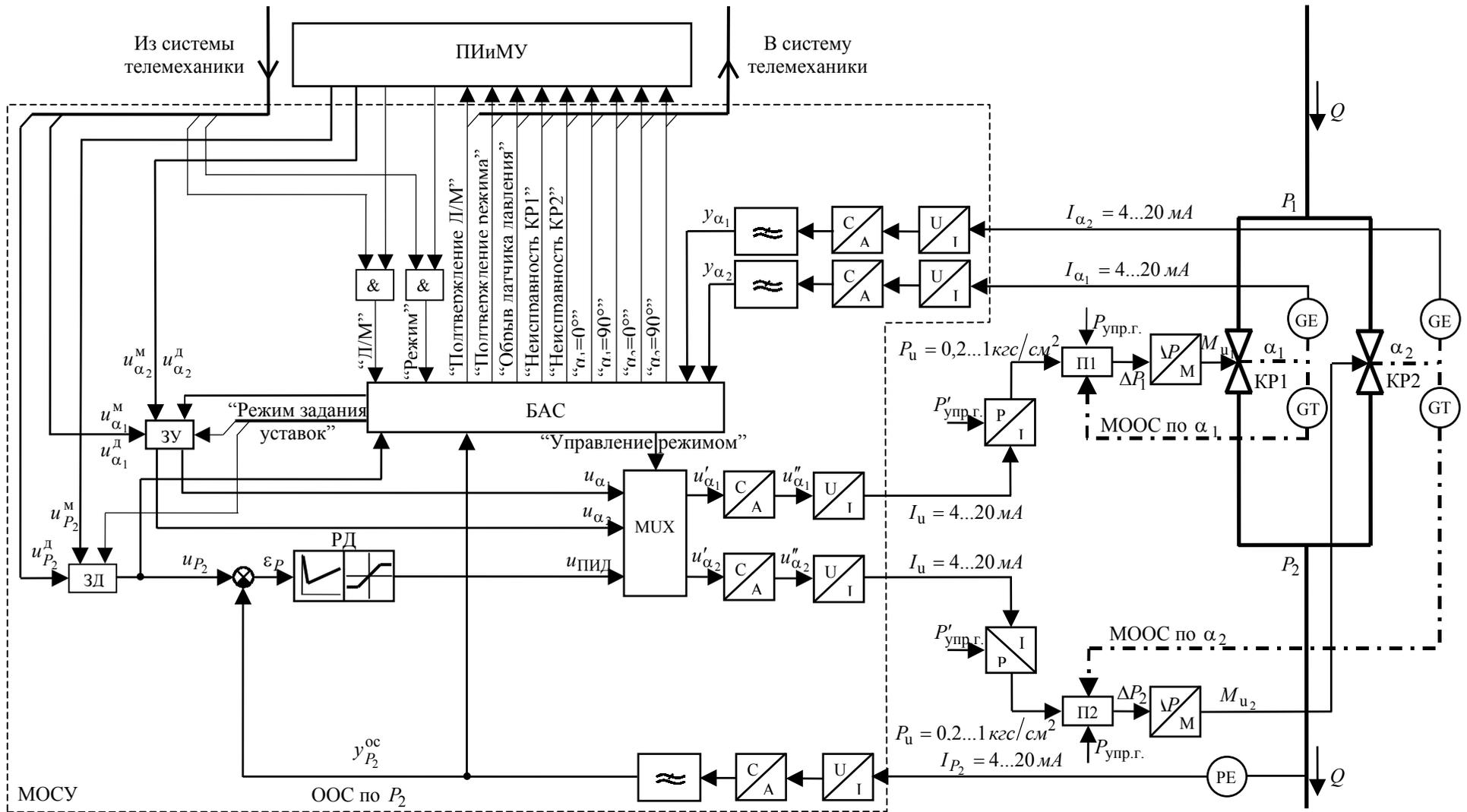


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ УРТ

На схеме приняты следующие обозначения: МОСУ – модуль аппаратно-программной обработки сигналов управления; БАС – Блок анализа сигналов; ЗД – датчик давления; ЗУ – датчик углов открытия α_1 и α_2 КР1 и КР2; РД – ПИД-регулятор давления; МUX – мультиплексор; А/С – АЦП; С/А – ЦАП; U/I – преобразователь напряжение/ток; I/U – преобразователь ток/напряжение; ПИИМУ – панель индикации и местного управления; МООС – механическая отрицательная обратная связь; I/P – преобразователь ток/давление типа «Самсон»; П1 и П2 – позиционеры; $\Delta P/M$ – привод КР.

Функция совместного автоматического управления угловым положением затворов КР1 и КР2 в замкнутом контуре давления. Функция реализуется в автоматическом режиме стабилизации давления, который является основным режимом САУ УРГ (рисунок 2).

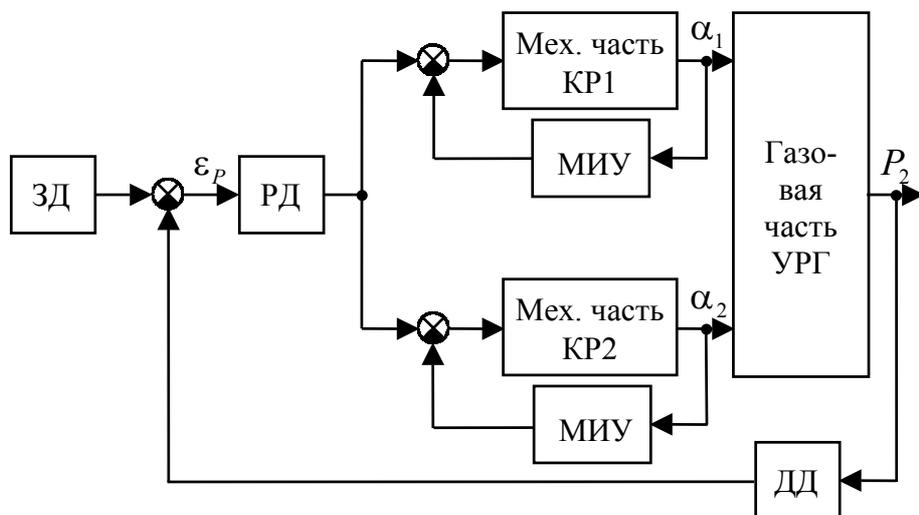


Рисунок 2 – Упрощенная структурная схема САУ в автоматическом режиме стабилизации давления

Данная структура содержит внешний контур регулирования давления (с регулятором давления РД и датчиком давления ДД), а также подчиненную систему двух параллельно работающих контуров регулирования углов открытия КР. В каждом контуре угла присутствует отрицательная обратная связь, замыкаемая при помощи механических измерителей угла МИУ. Сигнал задания угла (единый для контуров регулирования α_1 и α_2) формируется автоматически на выходе РД. В идеальном случае, если КР1 и КР2 абсолютно идентичны, в установившемся режиме $\Delta\alpha^{уст} = \alpha_1^{уст} - \alpha_2^{уст} = 0$. В реальных условиях величина этой разности может служить критерием исправности механики УРГ.

Функция автоматического управления угловым положением затвора КР1 при ручном управлении затвором КР2. Данная функция реализуется в полуавтоматическом режиме 1. Отличие от предыдущего режима заключается в том, что управление углом открытия α_2 КР2 осуществляется в ручном режиме. Управление давлением за УРГ P_2 и углом α_1 производится автоматически. Координата α_2 является возмущающим воздействием по отношению к α_1 и P_2 . С уменьшением α_2 сужается диапазон регулирования давления.

Описываемый режим может быть полезен при плановых испытаниях КР и при проведении ремонтно-восстановительных работ.

Функция автоматического управления угловым положением затвора КР2 при ручном управлении затвором КР1. Функция реализуется в полуавтоматическом режиме 2, аналогичном предыдущему.

Функция совместного ручного управления угловым положением затворов КР1 и КР2. Реализуется в ручном режиме совместного разомкнутого управления, который предполагает ручное управление давлением посредством совместного регулирования углов КР1 и КР2. Из ЗУ подается единая уставка на механически замкнутые контура α_1 и α_2 . Контроль за давлением возлагается на оператора, который может менять уставку в ЗУ по месту или дистанционно.

Этот режим может быть включен не только оператором, но и автоматически, если БАС обнаруживает обрыв в цепи датчика давления (по величине тока). Режиму соответствует структура, показанная на рисунке 3.

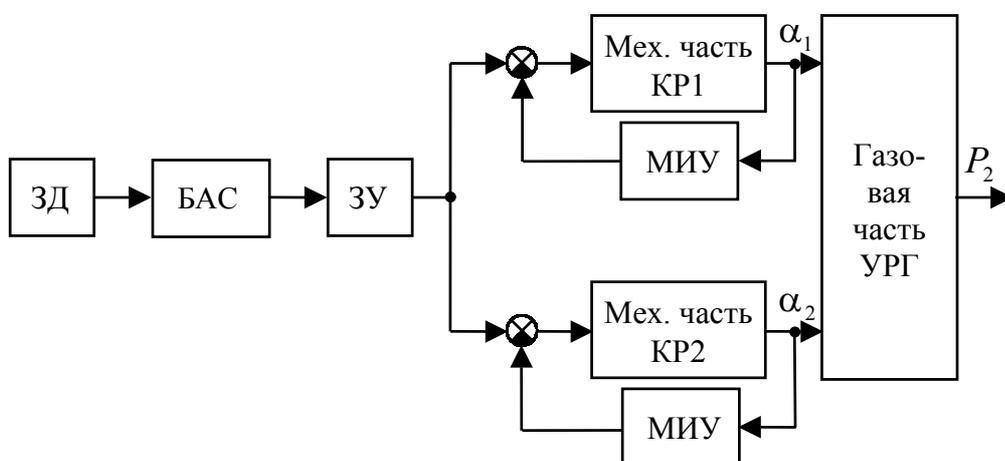


Рисунок 3 – Упрощенная структурная схема САУ в ручном режиме совместного разомкнутого управления

В этом случае уставка на угол формируется из уставки на давление посредством БАС. В БАС закладывается взаимосвязь между уставками (полученная для типового режима с определенным расходом газа и давлением на входе УРГ). В таком режиме осуществляется приближенное разомкнутое управление давлением в течение ограниченного интервала времени (до вмешательства оператора или до восстановления сигнала датчика).

Функция отдельного ручного управления угловым положением затворов КР1 и КР2. Реализуется в ручном режиме независимого разомкнутого управления. Из ЗУ подаются отдельные уставки на механически замкнутые контура регулирования углов α_1 и α_2 . Контроль за давлением осуществляет оператор, который может менять уставки в ЗУ по месту или дистанционно.

Режим может быть полезен при плановых испытаниях КР и при проведении ремонтно-восстановительных работ.

Функция местного и дистанционного задания уставок давления и углов. Предусматривается возможность местного задания уставок с ПИИМУ и

дистанционного – из диспетчерского пункта компрессорной станции (ДП КС) посредством системы телемеханики.

Функция распознавания аварийных ситуаций и реализации стратегий выживания. В САУ УРГ предусмотрено распознавание следующих основных аварийных ситуаций (при помощи БАС):

- 1) обрыв в цепи датчика давления;
- 2) неисправность КР1;
- 3) неисправность КР2.

Рассмотрим процессы распознавания, реализации стратегий выживания и сигнализации в каждой ситуации.

При обрыве в цепи датчика давления, ток падает до нуля и это является признаком для распознавания первой ситуации.

Формализуем критерий распознавания ситуации 1 в виде неравенства:

$$\frac{1}{N_1 - 1} \sum_{n=0}^{N_1 - 1} y_p^{\text{in}}(n) < Y_l, \quad (1)$$

где $y_p^{\text{in}}(n)$ – дискретный сигнал обратной связи по давлению; N_1 – объем выборки (соответствует интервалу обработки сигналов в БАС $T_1 = N_1 T_d$, где T_d – период дискретизации); Y_l – пороговый уровень, соответствующий аномальному значению тока датчика давления, выбираемому из диапазона 0...4 мА.

Если (1) не выполняется, то ситуация на интервале T_1 интерпретируется как нормальная, в противном случае, – как аварийная. При этом задействуется стратегия выживания, если САУ работала в одном из режимов замкнутого управления. Эта стратегия заключается в автоматической активизации соответствующего режима ручного управления.

Переключение режимов осуществляется воздействием БАС на ЗУ и МУХ. При этом может возникать незначительный переходный процесс из-за отличия уставок на углы, формируемых БАС, от уставок, ранее формировавшихся РД. Замкнутое управление давлением заменяется разомкнутым, но УРГ сохраняет работоспособность.

При отсутствии стратегии выживания, после обрыва датчика, наблюдался бы процесс открытия КР1 и (или) КР2, вплоть до достижения упоров. Давление на выходе УРГ возросло бы до максимального значения, что, в свою очередь, привело бы к нарушению технологического процесса транспорта газа.

При обнаружении первой ситуации, осуществляется аварийная сигнализация на ПИИМУ и передается соответствующий сигнал в ДП КС. Автоматический возврат в исходный режим производится, как только перестает выполняться критерий (1).

Признаком второй и третьей ситуации (неисправности КР1 или КР2) является выполнение условий:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{1}{N_2 - 1} \left| \sum_{n=0}^{N_2-1} \hat{\varepsilon}_{\alpha_i}(n) \right| > \sigma_1 \\ & \frac{1}{N_2 - 2} \left| \sum_{n=0}^{N_2-2} [\hat{\varepsilon}_{\alpha_i}(n+1) - \hat{\varepsilon}_{\alpha_i}(n)] \right| < \sigma_2 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где $i = 1, 2$ – номер КР; $\hat{\varepsilon}_{\alpha_i}(n) = u_{\alpha_i}(n) - y_{\alpha_i}(n)$ – дискретная оценка рассогласования по углу открытия КР (само рассогласование в контуре с механической обратной связью недоступно для прямого наблюдения); N_2 – объем выборки (соответствует интервалу обработки сигналов в БАС $T = N_2 T_d$, где T_d – период дискретизации); σ_1 и σ_2 – фиксированные пороговые значения. Первая формула системы (2) выражает собой условие значительности рассогласования, а вторая – условие стационарности режима. Выполнение (2) означает, что на интервале T наблюдался стационарный режим, а угол α_i в среднем значительно отклонялся от уставки.

Если САУ УРГ работала, перед обнаружением неисправности одного из КР, в основном режиме совместного автоматического управления, то активизация специальной стратегии выживания не требуется, так как выживаемость заложена в саму структуру системы (стабилизация давления будет осуществляться регулированием исправного КР).

При обнаружении ситуации 2 или 3 осуществляется аварийная сигнализация на ПИИМУ. Кроме того, в ДП КС через канал телемеханики передаются соответствующие сигналы.

Существует две альтернативные возможности реализации САУ УРГ. Одна из них предполагает использование промышленного контроллера и создание управляющей программы на языке функциональных блоковых диаграмм, например, в системе UltraLogik. Недостатком этого варианта является сложность перенастройки регуляторов, ограниченность интерфейса и (в случае UltraLogik) незначительное число типов поддерживаемых контроллеров.

Альтернативой является управление из-под Windows. Структура МОСУ реализуется в ППП Matlab [1]. В качестве интерфейса используются платы ввода/вывода сигналов, поддерживаемые Matlab в режиме реального времени. Гибкость и эффективность САУ достигают своего максимума. Известный факт некорректной обработки внешних прерываний Windows, в данном случае не проявляется. Проблема быстрогодействия также не является критической из-за большой инерционности КР. Этот вариант в настоящее время можно рассматривать, как экспериментальный, но весьма перспективный.

Перечень ссылок

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учеб. пособие. – СПб.: Корона принт, 2001. – 320 с.