

КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКОЙ

Ермолинский А.А., студ.; Оголобченко А.С., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Шахтная гидротранспортная установка предназначена для напорного трубопроводного транспорта гидросмеси по горизонтальным горным выработкам шахты с гидравлическим способом добычи угля. Гидротранспортная установка представляет собой узел сосредоточения гидросмеси (пульпосборника) с нагнетателем (например, углесосный агрегат). Гидросмесь в пульпосборник поступает от забоя по безнапорному каналу и изменяется по величине в зависимости от режима работы забоя. Как правило, ёмкость пульпосборника недостаточная для компенсации возможных колебаний притока гидросмеси. На рисунке 1 приведена технологическая схема шахтной гидротранспортной установки.

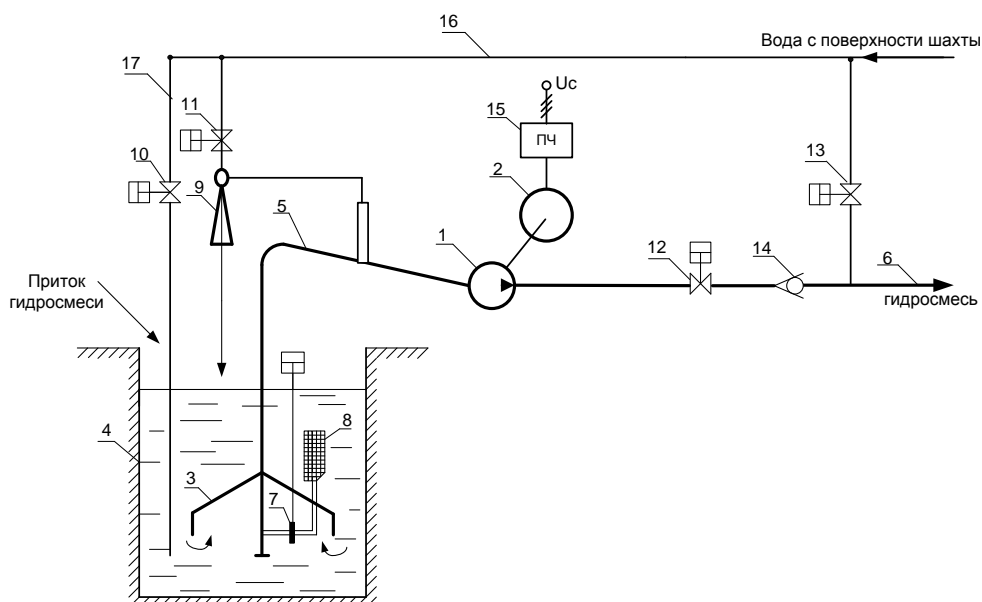


Рисунок 1 - Технологическая схема шахтной гидротранспортной установки

На рисунке 1 обозначено: 1 – углесос; 2 – приводной электродвигатель; 3 – всасывающее устройство; 4 – зумпф; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – напорный трубопровод (пульповод); 7 – шиббер регулировочный; 8 – трубопровод подпитки; 9 – гидроэлеватор; 10 – задвижка на разбутовочном трубопроводе; 11 – задвижка на трубопроводе заливки углесоса; 12 – задвижка на пульповоде; 13 – задвижка на трубопроводе для промывки водой пульповода; 14 – обратный клапан; 15 – частотный преобразователь; 16 – трубопровод воды с поверхности шахты; 17 – трубопровод разбутовочной воды;

Для гидротранспортной установки локальный критерий управления $\Phi_1 (T_{\text{э}})$ может быть представлен как [1]:

$$\Phi_1 (T_{\text{э}}) \Rightarrow W_p^* = W_p - \Delta W_p \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\text{при } W_{\min} \leq W_t \leq W_{\max},$$

где: W_t – текущий объем пульпосборника, заполненного гидросмесью; W_{\min} , W_{\max} – соответственно верхнее и нижнее значение емкости пульпосборника; W_p – регулирующая

емкость пульпосборника; W_p^* - объем эффективно используемой части регулирующей емкости W_p , характеризующий амплитуду колебаний уровня гидросмеси в пульпосборнике, m^3 ; ΔW_p - объем неэффективно используемой части регулирующей емкости W_p , который обусловлен максимальной величиной абсолютной погрешности принятого способа управления гидротранспортной установкой, m^3 ; $T_э$ - период определения эффективности;

Для автоматического управления шахтной гидротранспортной установкой в настоящее время известна аппаратура типа АУУ[1]. Однако аппаратура имеет ряд недостатков, так алгоритмом управления не предусмотрено достижение указанной цели управления (1), аппаратура выполнена на "устаревшей" элементной базе и не соответствует современным требованиям к системам управления. Нами предлагается компьютеризированная система автоматического управления гидротранспортной установкой (система САУГ), структурная схема которой приведена на рисунке 2.

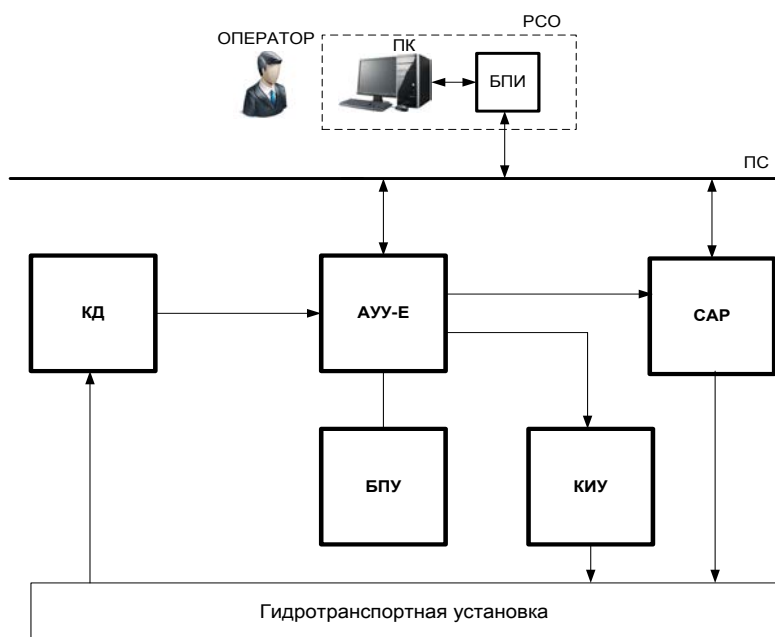


Рисунок 2 - Структурная схема компьютеризированной системы автоматического управления гидротранспортной установки

Система управления САУГ двухуровневая. На верхнем уровне управления расположена рабочая станция оператора гидротранспортного комплекса (PCO), которая представляет собой промышленный компьютер ПК с блоком преобразования БПИ интерфейса RS485 в интерфейс RS232. Комплекс устройств станции PCO с использованием SCADA-системы, например MasterSCADA v3.6, выполняет следующие функции:

- сбор информации о работе гидротранспортной установки и системы управления;
- анализ работы гидротранспортной установки в системе напорного трубопроводного гидротранспорта и при необходимости формирование команд пуска или остановки гидротранспортной установки, команд на «зарегулирование» или «разрегулирование» режима работы гидротранспортной установки;
- обработка и отображение в виде интерактивных графических мнемосхем на мониторе ПК оператора гидротранспортной установки следующей информации: текущий уровень гидросмеси в пульпосборнике; состояние гидротранспортной установки (включено, выключено, разрегулированная, зарегулированная); подача гидротранспортной установки; аварийное состояние гидротранспортной установки с расшифровкой вида неисправности;
- ведение базы данных с технологической информацией, ее архивирование и резервирование;

- генерирование отчетов о работе гидротранспортной установки;
- обмен информацией в режиме реального времени между смежными системами управления, с использованием промышленной сети.

На нижнем уровне управления находятся: комплекс датчиков КД; комплекс исполнительных устройств КИУ; устройство управления углесосным агрегатом типа АУУ-Е; блок питания БПУ - внешний источник искробезопасного постоянного напряжения; система автоматического регулирования подачи углесоса (система САР).

Физическую и логическую связь между промышленными контроллерами и станцией РСО в единую систему автоматического управления обеспечивает промышленная сеть, например, Profibus [2].

Комплекс датчиков КД включает в себя следующие датчики:

- магнитогерконовые датчики, которые предназначены для контроля состояния (открыто-закрыто) следующих элементов гидротранспортной установки: регулировочного шибер вращающегося устройства (поз.7, рис.1), задвижки на разбурочном трубопроводе (поз.10,рис.1), задвижки на трубопроводе заливки углесоса (поз.11,рис.1), задвижки на пульповоде (поз.12,рис.1), задвижки на трубопроводе для промывки водой пульповода (поз.13,рис.1);

- реле давления - для контроля заливки водой всасывающего трубопровода и углесоса в пусковом режиме;

- аналоговый уровнемер - для контроля текущего уровня гидросмеси в пульпосборнике;

- датчики температуры - для контроля величины температуры подшипниковых стаканов электродвигателя углесоса;

- датчик частоты вращения - для контроля величины частоты вращения приводного электродвигателя углесоса;

- преобразователь активной мощности - для контроля величины активной мощности, потребляемой приводным электродвигателем углесоса.

Комплекс исполнительных устройств КИУ состоит из электрогидравлических задвижек и регулировочного шибер вращающегося устройства углесоса.

Система автоматического регулирования подачи углесоса САР представляет собой систему регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя углесоса с целью изменения подачи гидротранспортной установки. Необходимость регулирования обусловлена поддержанием работы гидротранспортной установки при ограниченной емкости зумпфа пульпосборника и неравномерном притоке гидросмеси от забоев. Как известно, способы автоматического регулирования подачи гидротранспортных установок по технической сущности делятся на две группы [1]: регулирование без предварительного перевода углесоса на воду и регулирование с предварительным таким переводом. Рекомендуется применение второго способа регулирования. Этот способ основан на использовании специального всасывающего устройства УВ-5, с помощью которого возможно перевести работу углесоса с гидросмеси на воду без остановки углесоса. Суть способа регулирования заключается в предварительном переводе углесоса на воду, полной промывке транспортного трубопровода на максимальной подаче углесоса за счет воды, содержащейся в пульпосборнике, с последующим снижением подачи углесоса до максимально возможного значения («зарегулированный» режим). Время работы гидротранспортной установки на пониженной подаче зависит от величины производительности забоев, запаса емкости пульпосборника и от величины минимальной подачи углесоса в «зарегулированном» режиме. По истечении времени работы гидротранспортной установки в «зарегулированном» режиме, система САР переводит работу углесосного агрегата на номинальный режим работы, а всасывающим устройством на работу по гидросмеси («разрегулированный» режим работы). Один из вариантов структурной схемы системы автоматического регулирования подачи углесоса САР приведенный на рисунке 3. На рисунке 3 обозначено: $W_1(p)$ и $W_2(p)$ - передаточные функции соответственно

регулятора внутреннего и внешнего контура; $W_{пч}(p)$ - передаточная функция преобразователя частоты; $W_E(p)$ и $W_M(p)$ - передаточные функции в соответствии с электромагнитной и механической составляющими двигателя; $W_{тв}(p)$ - передаточная функция пульповода.

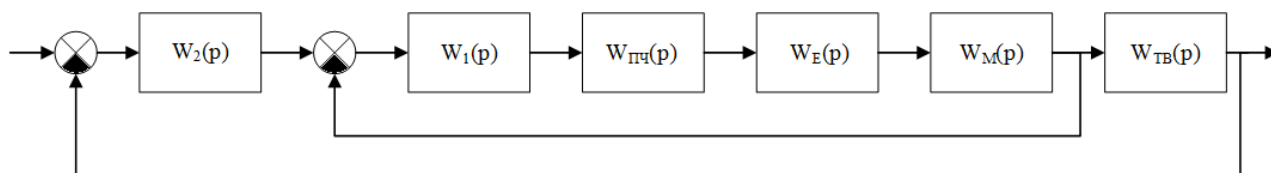


Рисунок 3 – Структурная схема системы САР подачи углесоса САР

В результате моделирования на ЭВМ, с использованием пакета MatLab, получены графики переходных процессов для различных типов регуляторов и показано, что наиболее приемлемые показатели качества имеет система САР с ПИД-регулятором, настроенным на модульный оптимум.

Устройство управления углесосным агрегатом типа АУУ-Е выполняет следующие функции:

1) автоматическая заливка водой всасывающего трубопровода и углесоса с помощью гидроэлеватора, путем включения пусковой аппаратуры на открытие задвижки перед гидроэлеватором;

2) автоматический пуск и остановку углесосного агрегата в зависимости от уровня гидросмеси в пульпосборнике путем дистанционного включения и отключения высоковольтной ячейки приводного электродвигателя углесоса;

3) автоматический контроль следующих параметров: текущего уровня гидросмеси в пульпосборнике; подачи углесоса; давления гидросмеси в пульповоде; расхода электроэнергии углесосным агрегатом; температуры подшипниковых узлов углесоса, времени работы углесосного агрегата.

4) автоматическая защита углесоса при развитии кавитации [3];

б) автоматическая защита углесоса при снижении подачи углесоса в «разрегулированном» режиме путем включения пусковой аппаратуры на открытие задвижки на трубопроводе для промывки водой пульповода, и отключения высоковольтной ячейки приводного электродвигателя углесоса;

7) автоматическая защиты от закупорки всасывающего устройства углесоса путем включения пусковой аппаратуры на открытие задвижки на разбутовочном трубопроводе;

8) формирование команды на автоматическое регулирование подачи углесоса (режим «зарегулировать» или режим «разрегулировать»);

9) передача данных для хранения и визуализации информации о работе углесосного агрегата в промышленный компьютер рабочей станции оператора гидротранспортной установки;

10) приём команд управления от промышленного компьютера рабочей станции оператора гидротранспортной установки.

Структурная схема устройства управления углесосным агрегатом типа АУУ-Е приведена на рисунке 4. В состав устройства входят следующие блоки: БЗС - блок согласования и защиты, БМК - блок микроконтроллера, ИМ - интерфейсный модуль, БВК - блок вывода команд управления, БП - блок памяти, ПУИ - пульт управления и индикации оператора гидротранспортной установки; БПУ – блок питания устройства управления

Блок БЗС предназначен для согласования входных сигналов от датчиков с параметрами микроконтроллера и защиты микроконтроллера при возможных повреждениях линий связи. Блок микроконтроллера БМК представляет из себя микроконтроллер, основной функцией которого является обработка входных сигналов и формирование управляющих команд. Интерфейсный модуль ИМ предназначен для обеспечения передачи данных между

устройствами системы управления с использованием интерфейса RS-485. Блок БВК предназначен для согласования выходных сигналов от микроконтроллера с параметрами исполнительных устройств. Пульт ПУИ предназначен для :

- визуализации на ЖКИ значений текущих параметров углесоса: подачи углесоса; давления гидросмеси в пульповоде; величины активной мощности, потребляемой приводным электродвигателем углесоса; текущего уровня гидросмеси в пульпосборнике;
- индикации с помощью светодиодов следующих технологических событий: перегрев подшипниковых стаканов приводного электродвигателя углесоса, развитие кавитации в углесосе, закупорки всасывающего устройства углесоса, режима работы САР;
- управления углесосным агрегатом в местном режиме (пуск, стоп).

Блок памяти БП предназначен для накопления данных при управлении углесосным агрегатом.

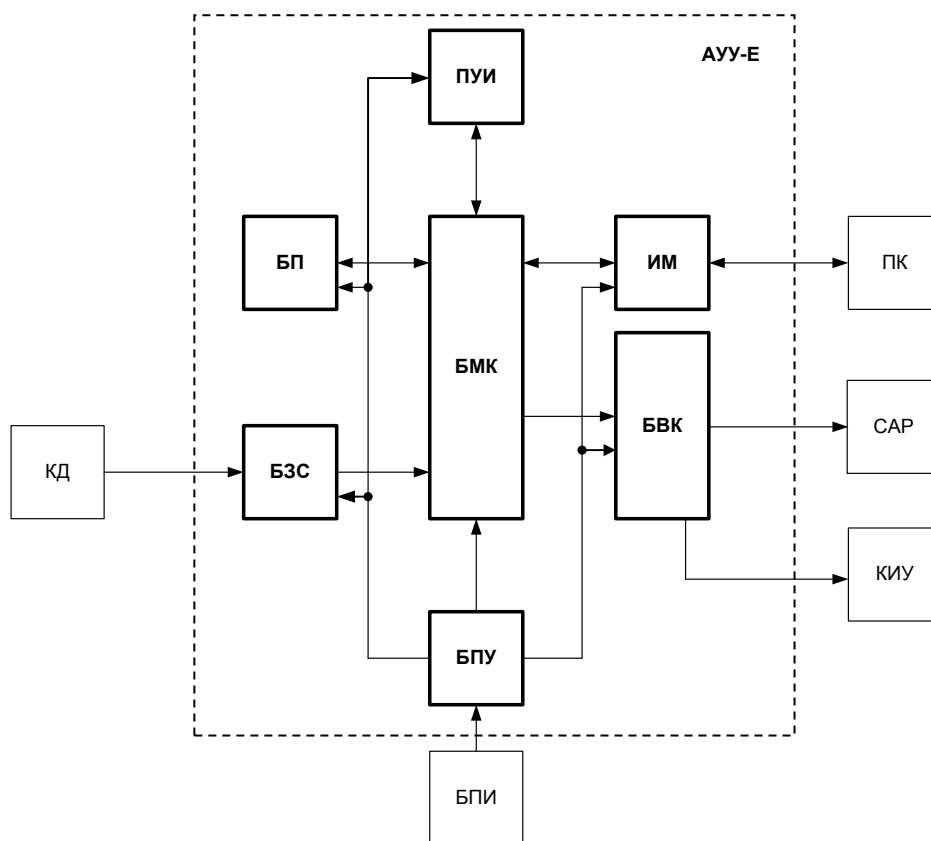


Рисунок 4 - Структурная схема устройства управления углесосным агрегатом типа АУУ-Е

Нами разработана принципиальная электрическая схема устройства на базе микроконтроллеров АТmega 64 и АТmega 16. Проведен анализ и выбор существующих технических средств автоматизации для предложенной структуры компьютеризированной системы автоматического управления гидротранспортной установкой.

Перечень ссылок

1. Груба В.И., Ф.О. Папаяни, Никулин Э.К., Оголобченко А.С. - Основы управления гидроэнерготранспортными системами., - Донецк: Донбасс, 1993. - 225 с.
2. Технические средства автоматизации в горной промышленности: Учебное пособие /В.И. Груба, Э.К. Никулин, А.С.Оголобченко.-К.:ИСМО,1998.-373 с.
3. Ермолинский А.А., Оголобченко А. С. Автоматический контроль развития кавитации в насосе шахтной водоотливной установке / Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных работ XV международной научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 20–22 мая 2015.- с.142-144.