

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ШАХТЫ

Левицкий Д. А., студент; Оголубченко А.С., к.т.н., доц.
(Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина)

Процесс проветривания горных выработок является важнейшим непрерывным процессом при подземной добычи угля, обеспечивая нормальные условия труда и жизнедеятельности шахтеров, безопасность ведения горных работ и оказывает влияние на производительности добычных машин. Повышение эффективности проветривания метанообильных шахт может осуществляться по двум направлениям. Первое – это увеличение сечений горных выработок, переход к более рациональным схемам вентиляции, при которых выделяющийся из различных источников метан в системе горных выработок разбавляется обособленными воздушными потоками. Основным препятствием решения проблемы является необходимость проведения дополнительных выработок, а следовательно, это связано с серьезными экономическими расходами. Кроме того, увеличение скорости движения воздуха в определенных местах выработок может привести к ухудшению условий труда по причине запыленности рабочего места, а также к снижению искробезопасности. Второе направление - оперативный контроль и управление вентиляционным режимом. Эффективность в данном случае достигается за счет повышения выносной способности каждого кубического метра воздуха, подаваемого в горные выработки, при минимуме приведенных затрат. Шахтная вентиляционная сеть как объект автоматизированного управления проветриванием представляет собой весьма сложный объект управления из-за нестационарности и стохастичности процессов, протекающих в ней, ее многомерности и пространственной распределенности. Многомерность последней влечет за собой необходимость разработки и внедрения варианта централизованной системы контроля и управления с большим числом периферийных датчиков и регуляторов, а также достаточно мощной ЭВМ.

Опыт использования систем автоматического контроля концентрации метана и газовой защиты на действующих шахтах показывает, что таким образом можно повысить эффективность проветривания не менее, чем в 2 – 2,5 раза [1]. Если же в состав системы контроля включить управляющую часть, содержащую управляемые регуляторы воздуха и регулируемые вентиляторы главного проветривания, то эффективность подобных систем автоматизированного управления проветриванием можно значительно повысить. Поэтому разработка автоматизированной системы управления проветриванием горных выработок (САУП) является актуальной задачей науки и техники.

Для решения этой задачи необходимо решить целый комплекс вопросов от формулировки критерия оптимального управления до разработки конкретных технических средств автоматизации.

При нормальном режиме проветривания в качестве критерия управления принимается газовый фактор-минимальное среднее квадратическое отклонение допустимой концентрации метана от заданного значения при минимальных затратах энергии на управление. В случае аварийного режима в качестве критерия управления принимается минимальное время перехода системы из нормального состояния в заданное для создания оптимальных условий для ликвидации аварий и их последствий [2,3].

Для реализации указанных критериев управления система автоматизации должна выполнять ряд функций, которые можно разбить на следующие основные группы:

- сбор и контроль информации о состоянии параметров шахтной атмосферы и технических средств автоматизации (датчиков, каналов связи, регуляторов и т.д.);
- анализ состояния проветривания и расчёт управляющих воздействий;
- отображение информации о состоянии проветривания и информации о работе системы;
- обработка управляющих воздействий техническими средствами;

К первой группе функций относятся следующие:

- контроль концентрации метана и скорости воздуха, на участках горных выработок, определенных «Правилами безопасности для угольных и сланцевых шахт»;
- контроль режима работы ВГП – подачи и депрессии;
- контроль за состоянием регуляторов расхода воздуха (РРВ);

Вторую группу функций составляют:

- предварительная обработка и запись оперативной информации;
- анализ отклонений параметров шахтной атмосферы от номинальных значений;
- формирование записей о состоянии проветривания: отметка времени, концентрация метана на участках, скорости и т.д.;
- выбор режимов управления;
- расчёт управляющих воздействий на ВГП и РРВ;
- прогноз аэрогазовой обстановки в шахте при реализации управляющего воздействия и выдача на экран дисплея горного диспетчера соответствующей информации.

Третью группу функций составляют:

- отображение информации о состоянии аэрогазовой обстановки в шахте; - выработку предупреждающих сообщений об аварийной ситуации проветривания и отказах технических средств;
- печать протоколов об аэрогазовой обстановке (по требованию диспетчера); К четвёртой группе функций относится обработка управляющих воздействий регулятором вентилятора главного проветривания и приводом РРВ.

Таким образом, процесс автоматизированного управления проветриванием шахты можно представить в виде последовательности следующих операций:

1. сбор информации о текущем состоянии параметров вентиляционной сети;
2. определение требуемого расхода воздуха в выработках;
3. определение управляющих воздействий, оптимизирующих выбранный критерий управления проветриванием;
4. отработка выбранного воздействия на объекте.

К настоящему времени разработаны несколько алгоритмов контроля и управления проветриванием шахт, суть которых заключается в распознавании конкретной газовой ситуации и

параметров подачи воздуха в горные выработки, выбор того или иного метода регулирования с последующей нормализацией газовой ситуации на участке [2]. Система управления должна осуществлять активное (изменение производительности вентиляторных установок) и пассивное (воздействие на вентиляционную струю с помощью РРВ) регулирование. Приоритетным является регулирование РРВ. Если же эта мера не принесет желаемого результата тогда требуется изменение подачи вентилятора главного проветривания в соответствии с Правилами безопасности. Из существующих способов регулирования вентиляторных установок, целесообразным считается способ регулирования частоты вращения приводного электродвигателя, как наиболее экономически выгодный, например, для центробежных вентиляторов путем применения асинхронно-вентильного каскада. Регулирование должно осуществляться таким образом, чтобы отношение депрессии вентилятора к соответствующему к.п.д. было минимальным, что является критерием оптимальности. При этом следует иметь в виду, что необходимым условием нормального функционирования САУП является наличие резерва регулирования производительности вентилятора по расходу воздуха, определяемого для шахты как разность между номинальным и предельно допустимым расходом воздуха, который на протяжении всего периода эксплуатации шахтного поля должен быть достаточным для осуществления безопасного регулирования. В противном случае необходимо предусмотреть мероприятия по уменьшению аэродинамических сопротивлений горных выработок, изменению структуры шахтной вентиляционной сети и совершенствованию схем проветривания добычных участков.

В соответствии с вышеизложенным, в данной статье приведено обоснование необходимой структуры автоматизированной системы управления проветриванием на основе современной элементной базы электронных устройств отбора, передачи и обработки информации.

Предлагаемая структурная схема САУП приведена на рис.1.

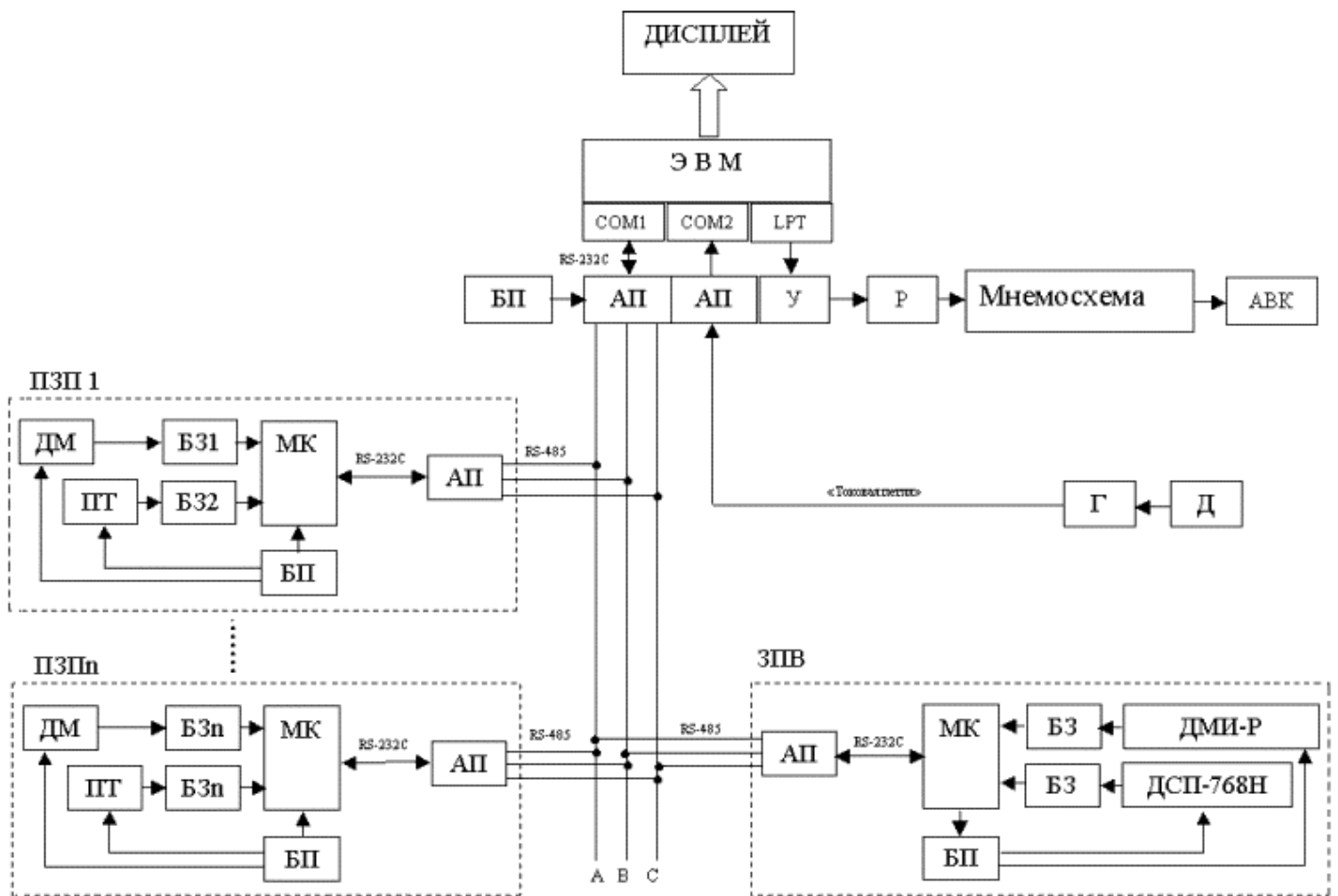


Рисунок 1- Структурная схема САУП

На нижнем уровне технических средств автоматизации находятся средства отбора информации - датчики измерения концентрации метана и скорости воздуха в горных выработках, а также депрессии и производительности главной вентиляторной установки. Применение указанных датчиков обусловлено следующим. Известно, что состояние проветривания шахты характеризуется рядом аэродинамических параметров: количеством воздуха, поступающего в шахту и к местам его потребления, его давлением, скоростью, химическим составом (содержанием вредных примесей), температурой и влажностью, а также аэродинамическим сопротивлением выработок и их депрессией. В условиях автоматизированного управления проветриванием нецелесообразно производить контроль всех этих параметров. Основными контролируемыми параметрами являются: концентрация метана в вентиляционных струях (регулируемая величина) и количество воздуха (основное управляющее воздействие). Такие параметры, как температура и влажность, при безаварийной работе участка изменяются в незначительных пределах, поэтому контроль их в САУП не обязателен. Изменение аэродинамического сопротивления выработок по мере развития горных работ происходит, главным образом, за счет изменения их длины и площади поперечного сечения. При этом для выработок, находящихся в массиве, удельное сопротивление практически постоянно. Удельное сопротивление выработок, поддерживаемое в выработанном пространстве в состоянии, отвечающем требованиям Правил безопасности изменяется в небольших пределах. Кроме того, о размере аэродинамического сопротивления

ветви можно судить по изменению расхода воздуха в ней. Для определения количества воздуха, проходящего по выработке, необходимо знать скорость его движения и площадь поперечного сечения выработки. Очевидно, что автоматический контроль второго параметра нецелесообразен. Изменения сечений выработок как правило незначительны и корректировка сечения может осуществляться вручную.

Технические средства, необходимые для контроля указанных параметров в настоящее время выпускаются серийно, соответствуют требованиям ГСП и имеют аналоговый унифицированный токовый сигнал. Так, для измерения концентрации метана могут быть использованы датчики метана аппаратуры «Метан» - ДМТ-4 или ДМТ-5, например, или аналогичные указанным [1]. Непрерывный контроль расхода воздуха может быть осуществлен с помощью преобразователя тахометрического ПТ измерителя скорости и направления движения воздуха типа ИСНВ. Датчики устанавливаются стационарно на исходящей струе каждого добычного участка и шахты в целом, в соответствии с Правилами безопасности. Установка должна осуществляться на участках выработок, где достигается наиболее равномерное распределение скоростей движения воздуха по сечению, а именно на расстоянии 10—20 м от разветвлений и поворотов вентиляционных струй.

Для измерения подачи и депрессии главной вентиляторной установки используются соответствующие датчики типа ДМИ - Р и ДСП-768Н, которые входят в комплект аппаратуры автоматизации вентиляторной установки, например, УКАВ-2. Сигналы от датчиков ДМТ и ПТ поступают через схему защиты и согласования (соответственно Б31 и Б32, см. рис.1) в микроконтроллер МК. Блоки Б31 и Б32 обеспечивают преобразование токовых сигналов (стандарт ГСП) от аналоговых датчиков в сигнал напряжения, а также защиту микросхемы контроллера МК от возможных перенапряжений в линиях подключения аналоговых датчиков.

Для преобразования токовых сигналов в сигнал напряжения должны использоваться прецизионные резисторы, а защита микросхемы от возможных перенапряжений может осуществляться стабилитронами и резисторами, которые также обеспечивают искробезопасность линий датчиков, что является важным условием использования электронных устройств в подземных условиях шахты.

Микроконтроллер МК в структуре САУП является средним уровнем управления и предназначен для обработки (сравнения текущих значений контролируемых параметров с заданными по Правилам безопасности) и передачи информации на верхний уровень управления в ЭВМ. В качестве микроконтроллера МК могут быть приняты любые модификации, содержащие в своем составе мультиплексированный аналого-цифровой преобразователь и универсальный асинхронный приемо-передатчик УАПП (USART), например, микроконтроллер AT90S8535. Микроконтроллеры имеют, как правило, интерфейс RS-232C, который необходимо преобразовать в интерфейс RS-485 (необходимость преобразования обосновано далее по тексту). Это можно осуществить с помощью специального адаптера АП, например, микросборки MAX 1480 фирмы [Maxim](#) содержащая, кроме собственно приемника и передатчика, преобразователь напряжения с разделительным трансформатором для их питания и оптронные развязки входных цепей (см. рис.2) [4].

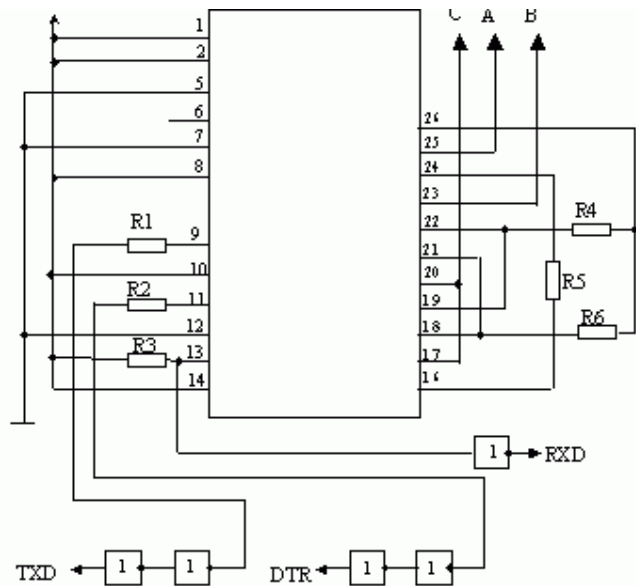


Рисунок 2 - Принципиальная схема адаптера АП

Для электропитания микроконтроллера, адаптера АП, датчиков ДМТ и ПТ необходимо предусмотреть блок питания БП постоянного тока стабилизированный напряжением с искробезопасным выходом, например, блок питания типа С1-5/1 [5].

Датчики ДМТ и ПТ, блоки БЗ1 и БЗ2, микроконтроллер МК, блок питания БП и адаптер АП образует подземный замерный пункт ПЗП. Количество ПЗП определяется конкретно для принятой системы проветривания шахты, её метанообильности.

Для контроля режимных параметров вентилятора

необходимо в структуре САУП предусмотреть замерный пункт вентилятора ЗПВ, который включает в свой состав датчики ДМИ-Р и ДСП-786, микроконтроллер МК2 и блоки аналогичные замерного пункта ПЗП. Количество ЗПВ определяется числом регулируемых на шахте вентиляторных установок главного проветривания.

Все пункты ПЗП и ЗПВ (до 32 штук) соединяются параллельно между собой и информация по одной линии связи (длиной не более 1200м) поступает в ЭВМ, которая расположена на пульте горного диспетчера. Скорость передачи составляет 1200 бит/с, что вполне приемлемо для сигналов телеконтроля. В случае необходимости специальные устройства (репитеры) позволяют объединить до четырех таких участков, в результате число замерных пунктов возрастает до 128, а дальность передачи - до 4800 м.

При использовании интерфейса RS-485 в качестве линии связи необходимо применить кабель имеющим витую пару проводов А,В и так называемый «дренажный» провод С (ни в коем случае не используя вместо него экран!).

Как указывалось выше, в системе управления САУП должен быть использован интерфейс RS-485, что обусловлено следующим. Для связи с удаленными контроллерами часто пользуются имеющимся в каждом компьютере и в большинстве контроллеров последовательным интерфейсом RS-232С не предусматривающим гальванической развязки между соединяемыми устройствами. Последовательный порт RS-232С имеет два недостатка, ограничивающих дальность и качество связи. Первый из них — несимметричная и несогласованная линия связи плохо защищена от помех и искажает передаваемые сигналы. Второй недостаток заключается в том, что общий провод всех цепей порта электрически соединен с корпусом компьютера ("гальванически не развязаны"), поэтому при подключении к устройствам, находящимся на некотором удалении, по нему могут протекать паразитные токи, не только создающие помехи, но и способные повредить ЭВМ. Кроме того, интерфейс RS-232С рассчитан на обмен данными только между двумя абонентами, что не удовлетворяет условиям функционирования системы управления САУП. Для устранения указанных недостатков необходимо применять интерфейс RS-485. В компьютерах, специально предназначенных для промышленного применения, по стандарту RS-485 бывают выполнены входные и выходные цепи одного из коммуникационных портов (COM1 или

COM2). В обычных компьютерах, которые в основном применяются на шахтах, этого нет, поэтому приходится либо устанавливать соответствующую интерфейсную плату, либо подключать линию связи через специальный преобразователь. Для него, как правило, требуется и отдельный источник питания, хотя есть и такие, которые питаются непосредственно от интерфейсных цепей RS-232C.

Как уже говорилось, возможная схема адаптера интерфейса RS-485 может быть выполнена например с использованием микросборки MAX 1480 фирмы Maxim. Поэтому для преобразования интерфейса RS-232C в RS-485 к коммутационному порту COM1 ЭВМ подключается адаптер АП (см.рис.2). Для электропитания адаптера (Упит =5В) требуется блок питания БП. Выводы адаптера А и В (см. рис.2) предназначены для подключения витой пары, С — изолированный от корпуса ЭВМ общий провод приемника и передатчика. При параллельном подключении нескольких адаптеров к одной линии связи все точки С необходимо соединить между собой «дренажным» проводом кабеля.

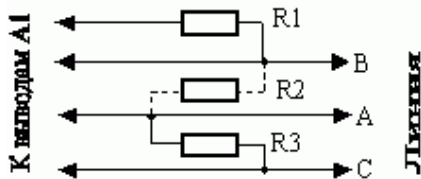


Рисунок 3 - Схема "перекоса" входа приемников

Линия передачи информации в САУП должна быть согласованной, искажения в ней минимальны. Это можно достичь подключением согласующих резисторов (терминаторов) между контактами А и В "крайних" адаптеров. В промежуточных точках согласование не требуется. Более того, для наименьшего влияния на распространение сигналов входные сопротивления адаптеров должны быть максимально возможными, а емкости — минимальными. Учитывая, что согласование влияет в основном на распространение высокочастотных составляющих сигнала, последовательно с согласующими резисторами необходимо включить разделительные конденсаторы емкостью не менее 0.1 мкФ. Это несколько облегчает режим работы передатчиков по постоянному току и снижает потребляемую ими мощность.

Когда ни один из объектов САУП не ведет передачи и выходы всех формирователей сигналов пунктов ПЗП и ЗПВ находятся в высокоимпедансном состоянии, разность потенциалов между проводами витой пары приемников становятся неопределенными. Чтобы устранить этот эффект, входы приемников необходимо «перекосить», подключив резисторы, как показано на рис.3. Их номинальные сопротивления должны быть такими, чтобы падение напряжения на согласующих резисторах превысило уровень логической 1. Во время работы любого из передатчиков, выходные сопротивления которых заведомо малы, дополнительные резисторы не влияют на уровни сигналов.

Также необходима защита интерфейсных цепей от выбросов напряжения, неизбежно возникающих в линиях связи под воздействием помех. Необходимость в ней тем больше, чем длиннее линия и насыщеннее силовыми кабелями и мощными электроустановками трасса ее прокладки. Защита может быть осуществлена с помощью полупроводниковых стабилитронов, подключив их, например, как показано на рис.4. При этом подавляются как дифференциальные (действующие между проводами линии связи), так и синфазные (действующие между каждым из проводов и "землей") составляющие помех. В качестве VD1—VD3 можно использовать любые (обязательно одинаковые) стабилитроны с напряжением стабилизации 10...25 В.

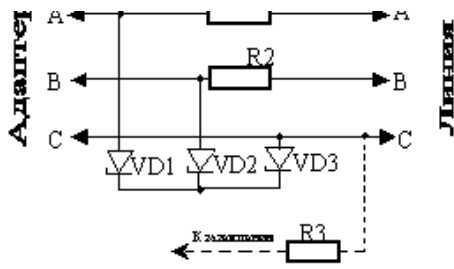


Рисунок 4 - Схема защиты от перенапряжений

При составлении структурной схемы системы управления САУП необходимо также предусмотреть ввод информации от отдельно расположенных датчиков, например, датчика метана, расположенного в канале вентиляторной установки или датчика состояния регулятора РРВ. Передача в этом случае может быть организована с использованием «токовой петли». Для этого выход датчика должен

быть подключен через генератор тока и преобразователь "токовая петля"-RS-232C на коммутационный порт COM2 ЭВМ (см. рис. 1).

Выходная информация ЭВМ поступает на дисплей в виде "Совета диспетчеру" по управлению проветриванием шахты. При наличии автоматизированных РРВ и регулируемых вентиляторных установок, диспетчер передает команды управления операторам либо с использованием отдельной аппаратуры связи (телемеханики) либо с использованием ЭВМ системы САУП, что является предпочтительным. В последнем случае, аппаратная организация передачи команд объектам управления должна осуществляться через LPT порт ЭВМ с использованием усилителя У и релейной схемы Р (см. рис 1).

Для реализации предлагаемой структуры системы управления САУП необходима разработка специального программного обеспечения как микроконтроллеров замерных пунктов, так и центральной ЭВМ.

Перечень ссылок

1. Карпов Е.Ф., Баренберг И.А., Басовский Б.И. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра, 1984.- 221с.
2. Пучков Л.А., Бахвалов Л.А. Методы и алгоритмы автоматического управления проветриванием угольных шахт. – М.:Недра, 1992. – 399с.
3. Пучков Л.А. Аэрогазодинамические основы оперативного управления вентиляцией высокопроизводительных газовых шахт: Автореф. Диссертационная работа доктора техн. наук.- М., 1973. – 46с.
4. [Курилович Н. Не только RS-232.](#) - Радио, 1999, №9, с. 20-23
5. Системы и средства автоматизации добычного оборудования /В. А. Антипов, А. В. Сомилов, И. С. Кибрик и др.- К.: Техника, 1984. – 216с