

УПРАВЛЕНИЕ ШАХТНЫМ ВЕНТИЛЯТОРОМ МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

И.П. Маслов (Кузбасский региональный горный центр охраны труда),
И.Ю. Семькина, А.В. Киселев (Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева)

Рассмотрена концепция системы автоматического управления электроприводом шахтного вентилятора местного проветривания, обеспечивающей поддержание состава рудничной атмосферы в допустимых пределах в соответствии с правилами безопасности, в основу которой положен принцип взвешивания при многокритериальном управлении. Описана математическая модель и результаты вычислительных экспериментов в Matlab/Simulink*.

Ключевые слова: вентилятор местного проветривания, безопасность горных работ, многокритериальное управление, система автоматического управления.

Введение и постановка задачи

Качество атмосферы в призабойном пространстве тупиковой выработки угольной шахты является одним из определяющих факторов безопасности проводимых горных работ, для обеспечения чего функционируют системы проветривания. В данной статье из существующих способов проветривания рассматривается нагнетательный способ, схематически показанный на рис. 1, при котором нормальный состав рудничной атмосферы поддерживается вентилятором местного проветривания (ВМП), оснащенный частотно-регулируемым электроприводом (ЭП).

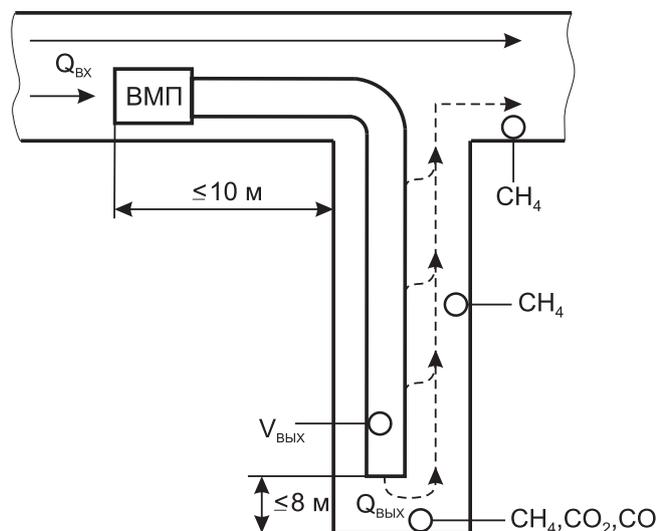


Рис. 1. Проветривание тупиковой выработки

Характерно, что подавляющее большинство применяющихся систем управления ВМП предусматривают только управление двигателем вентилятора при помо-

Таблица 1. Требования к атмосфере тупиковой выработки

Примесь	Предельно допустимая концентрация
Метан в призабойном пространстве	<2 %
Метан на исходящей струе тупиковой выработки	<1 %
Скорость воздуха в призабойном пространстве	0,25...4 м/с
Концентрация кислорода в выработке	>20%
Концентрация диоксида углерода в выработке	<0,5%
Запыленность воздуха в исходящей струе	<150 мг/м ³

* Работа проводилась при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (шифр МК-1963.2013.8).

щи пускателей по команде от аппаратуры аэрогазового контроля (АГК). Отсутствие массового внедрения частотно-регулируемого электропривода ВМП, потребность в котором доказывается практикой эксплуатации как ЭП общепромышленных турбомеханизмов, так и опытных шахтных установок, объясняется несовершенством нормативной базы, регламентирующей работу автоматизированного электрооборудования в условиях шахт, в которой до 2011 г. содержался косвенный запрет на частотно-регулируемый ЭП.

По этой причине в силу естественных инерционных процессов на практике отсутствует общепринятый подход к построению замкнутых систем автоматического управления (САУ) электроприводом ВМП. Синтез такой САУ дополнительно осложняется многокритериальностью задачи управления, поскольку влияние на состав рудничной атмосферы осуществляется только регулированием потока воздуха на выходе вентиляционной сети $Q_{\text{вых}}$, а количество вредных примесей нормируется по перечню веществ. Таким образом возникает задача разработки структуры САУ частотно-регулируемым электроприводом ВМП, обеспечивающей поддержание состава рудничной атмосферы в допустимых пределах в соответствии с правилами безопасности.

Концепция системы управления

Согласно правилам безопасности в угольных шахтах ПБ 05-618-03 (2010 г.) и положению об аэрогазовом контроле в угольных шахтах (2011 г.) для контроля качества рудничной атмосферы в воздуховоде, непосредственно в призабойном пространстве и на исходящей струе тупиковой выработки устанавливаются датчики системы АГК, контролирующие содержание вредных примесей, в частности, анемометр для контроля скорости воздушного потока на выходе вентиляционной сети $V_{\text{вых}}$ и газоанализаторы, определяющие содержания углекислого газа CO_2 , угарного газа CO и метана CH_4 . Нормальная работа горной выработки будет обеспечена, если ВМП не будет допускать превышения концентраций вредных примесей более чем указано в таблице.

Промышленно выпускаемые преобразователи частоты для систем местного проветривания, например,

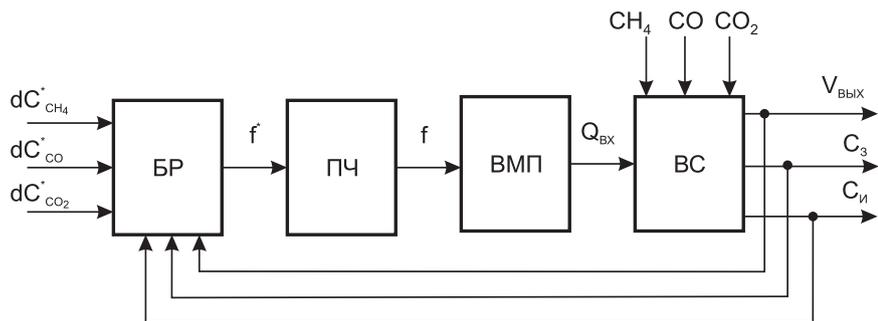


Рис. 2. Структура САУ ВМП

марки ЧПВП производства ООО «Электромашина» (г. Кемерово), обеспечивают надежную вентиляцию тупиковых выработок, поддерживая заданную производительность ВМП, которая определяется на основании предварительного расчета исходя из условия максимальной подачи воздуха в призабойное пространство для разбавления расчетного объема вредных примесей. Такой подход хоть и отвечает требованиям надежности, но при изменении состава рудничной атмосферы или параметров вентиляционной сети провоцирует нерациональное энергопотребление за счет отсутствия оперативного замкнутого регулирования. Так, производительность ВМП будет сохраняться и при снижении метановыделения в забое и при увеличении утечек в трубопроводе вентиляционной сети, тогда как очевидно, что она должна изменяться.

Для решения поставленной задачи разработан вариант САУ, общая структура которой показана на рис. 2, где БР — блок регуляторов; ПЧ — преобразователь частоты; ВС — вентиляционная сеть. Структура САУ иерархическая. Во внутреннем контуре за счет изменения потока воздуха $Q_{ВХ}$ на входе ВМП посредством регулирования частоты f подводимо-

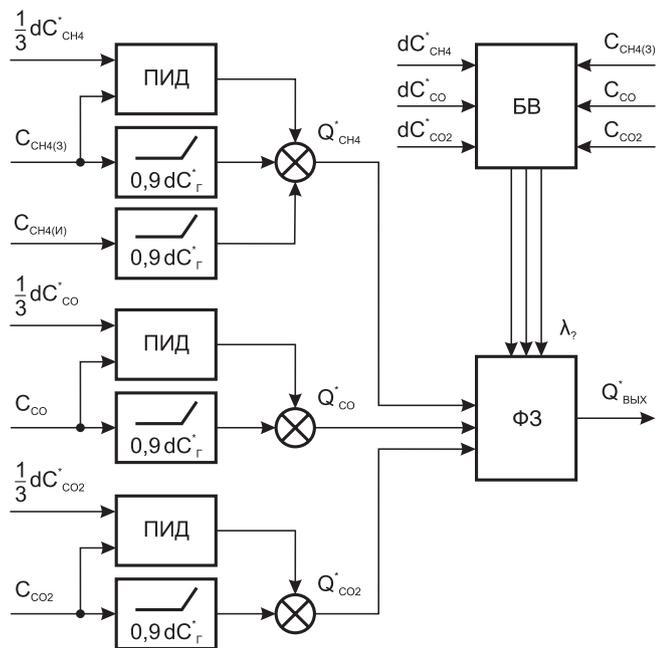


Рис. 3. Структура внешнего контура регулирования

го к двигателю напряжения по заданию f^* для ПЧ поток $Q_{ВЫХ}$ поддерживается на заданном уровне $Q^*_{ВЫХ}$. Величина $Q_{ВЫХ}$ определяется косвенно по $V_{ВЫХ}$, регулирование осуществляется по отклонению с применением ПИД-регулятора.

Внешний контур регулирования организован по принципу нахождения минимально достаточного задания потока $Q^*_{ВЫХ}$ для разбавления вредных примесей, где в качестве задающих воздействий используются допустимые диапазоны концентраций вредных газов dC^*_{CH4} , dC^*_{CO} и dC^*_{CO2} , а обратные связи организованы по показаниям газоанализаторов в забое C_3 (концентрация CH_4 , CO и CO_2) и на исходящей струе $C_{И}$ (концентрация CH_4). Структура внешнего контура регулирования показана на рис. 3.

Для каждого газа (CH_4 , CO и CO_2) определяется заданная концентрация, из соображений безопасности равная одной трети от допустимого диапазона, отклонение от которой регулируется ПИД-регулятором. Учитывая возможность внезапного непрогнозируемого повышения концентрации, в дополнение к выходному сигналу ПИД-регулятора при превышении концентрацией порогового значения в 90% от допустимого диапазона формируется сигнал усиления. Эти сигналы совместно образуют задание для потока воздуха на выходе ВС, требуемое для разбавления конкретного газа (Q^*_{CH4} , Q^*_{CO} и Q^*_{CO2}).

Величины $Q^*_Г$, где $Г$ — индекс, обозначающий тип газа: CH_4 , CO_2 или CO , будут отличаться, и поскольку концентрация каждого из газов должна лежать в пределах диапазона $dC^*_Г$, задача управления приобретает многокритериальный характер. Для ее решения предлагается применить метода взвешивания, где весовой коэффициент каждого задания потока воздуха определяется в блоке взвешивания (БВ) по степени близости концентрации газа к границе допустимого диапазона:

$$\lambda_{Г} = \left(1 - \frac{dC^*_{Г} - C_{Г}}{dC^*_{Г}} \right).$$

Итоговое значение $Q^*_{ВЫХ}$ определяется формирователем задания (ФЗ) по среднегеометрическому принципу:

$$Q^*_{ВЫХ} = \frac{Q^*_{CH4} \cdot \lambda_{CH4} + Q^*_{CO} \cdot \lambda_{CO} + Q^*_{CO2} \cdot \lambda_{CO2}}{\lambda_{CH4} + \lambda_{CO} + \lambda_{CO2}}.$$

Таким образом, чем ближе текущая концентрация газа к границе диапазона, тем больший она вносит вклад в $Q^*_{ВЫХ}$. При этом соблюдаются как нормы безопасности, так и энергетической эффективности, постольку при снижении газовыделения подача ВМП также снизится.

Результаты моделирования и выводы

Эффективность предложенной САУ была исследована в Matlab/Simulink, где вентиляционная система рассматривалась как нестационарный многосвязный объект с распределенными параметрами, уравнение которого в частных производных решалось разбиением ВС на интервалы по длине, численно равные стандартной длине секции вентиляционного трубопровода, а процесс перемешивания примесей описывался уравнениями конвективно-турбулентной диффузии [1]. ВМП рассматривался как электромеханическая система, включающая идеализированный ПЧ, асинхронный электродвигатель, который описывался уравнениями обобщенной электрической машины, и механическую подсистему с односторонней расчетной схемой [2].

Газовыделение предполагалось из сосредоточенного источника, расположенного в призабойном пространстве. В качестве модели газовыделения применялся генератор случайных чисел с нормальным законом распределения, математическое ожидание которого принято равным расчетной газоносности, а среднеквадратичное отклонение — половине $dC^*_г$.

Вычислительные эксперименты проводились для заполненного вентиляционного трубопрово-

да в течение времени 600 с. В ходе моделирования ни по одному из газов СГ не превысила 46% от $dC^*_г$, что позволяет сделать вывод об эффективности предлагаемой САУ.

Таким образом, в ходе моделирования подтверждена допустимость практической реализации предложенной системы автоматического управления с точки зрения соответствия состава рудничной атмосферы правилам безопасности, что обосновывает целесообразность ее дальнейшего исследования на физической модели, в качестве которой предполагается использовать установку УПП-1, изготовленную по технической документации экспериментального завода «ВостНИИ».

Список литературы

1. Петров Н.Н., Шишкин М.Ю., Лунев С.В. Метод моделирования воздействия внезапного выброса угля и газа на режим проветривания шахты // Управление вентиляцией и газодинамическими процессами в шахтах: сборник научных трудов. Новосибирск: ИГД СО АН СССР. 1989. С. 138-145.
2. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. Уч. пособие для студ. вузов. М.: Академия. 2004. 256 с.

Маслов Иван Петрович — начальник производства Кузбасского регионального горного центра охраны труда, ст. преподаватель КузГТУ, Семькина Ирина Юрьевна — канд. техн. наук, доцент, директор института энергетики КузГТУ, доцент кафедры электропривода и электрооборудования НИ ТПУ,

Алексей Викторович Киселев — ассистент кафедры КузГТУ.

Контактный телефон (3842) 39-69-48

E-mail: ivan-maslov@ya.ru

Система S-EIV Mitsubishi Electric сокращает расход электроэнергии в токийском метро

Mitsubishi Electric Corporation объявила, что ее станционный энергосберегающий инвертор S-EIV®, который с июня 2014 г. используется на станции токийского метро Мёдэн, ежедневно сберегает около 600 кВт, чего достаточно для обеспечения электроэнергией около 60 домов.

Электроэнергия, произведенная в результате эксплуатации систем рекуперативного торможения, направляется на питание поездов на соседних линиях, но при этом расходуется не вся. Система S-EIV® напрямую питает станцию сохраненной таким образом электроэнергией. S-EIV не использует накопители, а непосредственно преобразует электрический ток в переменный, исключая при этом ухудшение качества электроэнергии в сети станции.

Приняв во внимание положительные итоги испытания системы S-EIV на тяговой подстанции «Ниси Фунабаси», руководство метропо-

литена Токио заказало одну установку для станции Мёдэн, где сейчас она сберегает 576 кВт ежедневно в будние дни и 661 кВт в выходные дни.

Использование силовых модулей и высокочастотных инверторов на основе карбида кремния (SiC) позволило сделать станцию S-EIV ошутимо более легкой и компактной, что обеспечивает удобство ее установки в ограниченном пространстве метрополитена, в том числе на платформе станции. Влагозащищенный, пылеустойчивый, антикоррозийный корпус системы предохраняет ее от воздействия сложных погодных условий.

Пульт мониторинга и эксплуатации, установленный в шкафу управления электроснабжением станции, позволяет удаленно управлять и контролировать работу S-EIV, вести учет сбереженной электроэнергии. Данные могут быть загружены в ПК или мобильное устройство по Wi-Fi.

<http://MitsubishiElectric.ru>

Intel и Mitsubishi Electric совместно создают следующее поколение систем автоматизации производства

Intel и Mitsubishi Electric Corporation объявили о новом проекте сотрудничества в области разработки следующего поколения систем автоматизации производства с поддержкой технологий «Internet вещей» (IB) и о пилотной программе, которая была реализована на производственных мощностях Intel в Малайзии.

Новый проект призван продемонстрировать преимущества IB на производстве. Цель заключается в том, чтобы повысить продуктивность работы за счет использования инновационных функций, включая систему предупреждающего контроля неисправностей. Intel предложит свой большой опыт в области разработки решений для IB, а Mitsubishi Electric — систему автоматизации e-F@ctory. Экономия средств Intel за период реализации пилотной программы составила 9 млн. долл. США.

В рамках начала совместной деятельности на производстве Intel в Малайзии компании реализовали решение на основе IB и «больших данных». Используя IB-шлюз на базе процессора Intel® Atom™ (условное название C Controller) из платформы iQ-Platform компании Mitsubishi Electric, Intel смогла в защищенном режиме собрать и свести

данные для аналитического сервера. Затем данные были обработаны с помощью ПО Revolution R Enterprise компании Revolution Analytics, программного решения аналитики, которое использует открытый язык программирования R. Система была размещена на базе Cloudera Enterprise®, которая является основой концентратора корпоративных данных.

Созданное компаниями решение продлило время безотказной работы компонентов оборудования и увеличило продуктивность работы за счет максимального сокращения числа случаев неправильного определения качества продукции. Также удалось внедрить систему диагностического обслуживания и уменьшить число выходов из строя компонентов. Первые результаты включают экономию, которая была достигнута за счет экономии расходов и более взвешенного принятия решений.

Коммерческая реализация этого продукта начнется в 2015 г. Компании продемонстрировали работу решения в октябре на стенде Intel на выставке IoT Japan 2014 в Tokyo Big Sight, Япония.

<http://www.intel.ru> <http://MitsubishiElectric.ru>