

МАТЕРИАЛЫ УРАЛЬСКОЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕКАДЫ

9-18 апреля 2007 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

О ПОДХОДЕ К ПОСТРОЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ШАХТНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АПРИОРНО ФОРМУЛИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ ПОДСИСТЕМ

КУЗЬМЕНКО С. О., ЛАПИН Э. С.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Шахтные информационно-управляющие системы (ШИУС) являются основным средством контроля и управления процессами подземных горных работ. В настоящее время ШИУС обеспечивают решение следующих типовых задач: контроль газового состава рудничного воздуха и скорости его движения; контроль и управление вентиляционным оборудованием (вентиляторы, шлюзы); контроль и управление технологическим оборудованием (комбайны, конвейеры); контроль и управление энергоснабжением (электро- и пневмоснабжение). Таким образом, ШИУС объединяют в себе функции систем автоматического газового контроля (АГК), автоматической газовой защиты (АГЗ), автоматического проветривания тупиковых выработок (АПТВ), телеуправления и телесигнализации, реализуемые ранее широко распространенными системами “Метан”, “Ветер”, АПТВ, АУК, ВАВ и др.

Особое место среди ШИУС занимают интегрированные системы контроля и управления, которые кроме перечисленных функций обеспечивают управление производством: проходческими и добычными работами, транспортированием груза на поверхность до объектов обогащения и т. д. ШИУС одновременно автоматизируют подавляющее большинство вспомогательных процессов, обеспечивают раннее распознавание пожаров, контроль и оптимизацию потребления электроэнергии, учет и идентификацию персонала шахт, оптимизируют организацию труда на производстве и т. п.

Иными словами, современные ШИУС должны решать весь спектр задач по автоматизации процессов, протекающих на горно-технологическом объекте в полном или усеченном виде. В связи с этим возникает задача рационального формирования критериев разработки элементов современных ШИУС (подземные вычислительные комплексы, контроллеры, каналы передачи информации, датчики и т. д.) и системы в целом, учитывая начальный уровень автоматизации и контроля процессов на шахте, с максимальным использованием уже существующих на предприятиях технических и программных средств.

В докладе предлагается подход к построению ШИУС, который при проектировании информационных потоков, формировании их топологии и основных характеристик учитывал бы не только необходимость решения основной задачи – наличие требуемой полной и достоверной текущей информации о горно-технологических объектах, но и позволял, используя вид этой информации, осуществлять априори все виды прогнозов (краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный).

Выделим два принципиально разных пути решения этой проблемы:

1. Все элементы ШИУС являются универсальными (серверы – многофункциональные программно-технические средства, позволяющие реализовать любую поставленную задачу, контроллеры – свободно программируемые высокопроизводительные устройства, каналы передачи данных – высокоскоростные с возможностью передачи данных на большие расстояния, датчики – интеллектуальные устройства, способные одновременно контролировать сразу несколько различных параметров, и т. д.).

2. ШИУС представляет собой многофункциональную систему, состоящую из множества отдельных подсистем, самостоятельно решающих отдельные задачи (информационные задачи, задачи локальной автоматизации,

задачи построения АСОДУ и т. д.), которые могут находиться на разных уровнях обработки информации (руководство объединения, руководство шахты, диспетчерская, горизонт, участок, забой, точка контроля). В этом случае в зависимости от ресурсоемкости задач необходимо обосновывать требования к элементам ШИУС (производительность и функциональность контроллера, скорость и расстояние каналов передачи данных, функциональность датчиков и т. д.), которые позволят решить конкретную задачу без простоя мощности оборудования и избежать неоправданных капиталовложений. При этом все отдельные подсистемы множества являются свободно интегрируемыми друг с другом.

Как правило, первый способ построения ШИУС подходит для вновь строящихся объектов и экономически нецелесообразен для применения на действующих объектах в связи с тем, что на них уже функционируют некоторые подсистемы, самостоятельно решающие отдельные задачи.

В этом случае целесообразнее использовать второй способ построения ШИУС, основной идеей которого является объединение уже действующих подсистем в единую информационно-управляющую систему. Другими словами, все действия сводятся к разработке системы промышленной коммуникации, которая и объединит рационально все информационные потоки от разных подсистем.

Также надо отметить, что для всех способов построения ШИУС потоки информации о состоянии горно-технологического объекта и процессов, протекающих на нем, дают возможность, не вникая глубоко в сам характер поведения объекта, судить о главных характеристиках проектируемой ШИУС, априорно наделяя ее способностью производить разномасштабный анализ информационных потоков. При этом для реализации такого анализа нет необходимости все потоки основывать на скоростной связи. Применение скоростной связи целесообразно в подсистемах, которые имеют источники информации с высокочастотными сигналами, например, цифровая телефония, промышленное телевидение, сейсмодатчики, датчики акустической и электромагнитной эмиссии и т. д. В зависимости от подхода к построению ШИУС возникает понятие разнохарактерности информационных потоков. В “универсальных” ШИУС потоки имеют однородный характер, а в ШИУС, состоящих из отдельных подсистем, так называемых “составных” – неоднородный. Другими словами, в “составных” системах суммарный информационный поток имеет широкий частотный диапазон, который включает в себя множество разнородных потоков. Следовательно, разные подходы к построению ШИУС предполагают и применение разных методов и способов обработки потоков.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ВЫБОРУ НАСТРОЕК РЕГУЛЯТОРОВ В ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ

ПУЗАТКИНА С. В., АБРАМОВ М. А.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Для повышения качества переходных процессов в практике эксплуатации сложных систем автоматического регулирования приходится прибегать к стабилизации некоторой промежуточной регулируемой величины дополнительным регулятором. Постоянство регулируемой величины поддерживается не одним, а двумя регуляторами (P_1 и P_2), причем корректирующий регулятор P_2 , контролирующий основную регулируемую величину x при ее отклонении, воздействует не на регулирующий орган, а на задатчик вспомогательного, стабилизирующего регулятора P_1 , который уже, в свою очередь, воздействует на регулирующий орган, изменяя подачу вещества или энергии.

В задачу вспомогательного регулятора входит, кроме того, поддержание на определенном уровне вспомогательной регулируемой величины x_1 , которая часто не является величиной, характеризующей протекание производственного процесса, и ее контроль не влияет на правильный режим эксплуатации объекта регулирования. Однако введение контроля такой дополнительной регулируемой величины иногда может значительно улучшить качество переходных процессов.

Инженерная методика расчета оптимальных параметров настроек регуляторов в одноконтурных системах для инерционных объектов с запаздыванием и самовыравниванием общеизвестна и не вызывает затруднений при настройке регуляторов в промышленных условиях, требуя лишь некоторой коррекции при неточном математическом описании объекта управления по рассматриваемому каналу. В общем случае определение оптимальной настройки двухконтурных систем регулирования оказывается значительно более сложной задачей, чем для одноконтурной системы, так как определению подлежат несколько параметров настройки.

Рассмотрим один из возможных вариантов выбора параметров настройки регулятора внешнего контура P_2 . Сначала, исходя из выбранного критерия качества вспомогательной регулируемой величины x_1 , определяя настройки внутреннего контура, состоящего из регулятора P_1 и объекта регулирования O_1 . Затем на модели снимают переходную характеристику последовательно соединенных внутренней замкнутой одноконтурной системы и объекта регулирования O_2 по каналу “задание внутреннему контуру – регулируемая величина x ” и аппроксимируют

характеристику передаточной функцией инерционного звена первого или второго порядка с запаздыванием. Далее для полученной передаточной функции эквивалентного объекта $O_{\text{экв}}$, исходя из выбранного критерия качества основной регулируемой величины x , определяют настройки внешнего регулятора P_2 . Из-за неточной аппроксимации эквивалентного объекта настройки внешнего регулятора следует скорректировать.

Анализ результатов моделирования двухконтурной системы в целом показал работоспособность системы и возможность применения такой схемы регулирования для стабилизации некоторых основных параметров технологических процессов обогащения руд.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С КОРРЕКЦИЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ФЛОТАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

БАРАНОВСКИЙ В. П., ЕФРЕМОВ В. Н., ПРОКОФЬЕВ Е. В.
ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Флотация полиметаллических руд как объект управления характеризуется большим числом входных и выходных взаимосвязанных воздействий. Такие объекты управления, как правило, содержат большое число управляющих воздействий, неоднозначно влияющих на выходные показатели. К таким управляющим воздействиям относятся: расходы реагентов в процессе флотации, положение регулирующих шиберов в разгрузочных карманах флотомашин, положение штока шланговых регулирующих клапанов (во флотомашинах чанового типа), расход воздуха во флотомашину, расход пара при регулировании температуры пульпы.

В силу того, что такие объекты управления обладают значительной инерционностью и запаздыванием и подвержены возмущающим воздействиям, имеющим непрерывный стохастический характер, работа автоматических систем регулирования технологических параметров подобных объектов носит специфический характер и отличается способами выбора структуры управления и расчета параметров настройки регуляторов.

Рассмотрим возможный (широко применяемый при ручном управлении процессом флотации) вариант алгоритмической структуры системы автоматического регулирования с коррекцией по содержанию металла в концентрате (см. рис.).

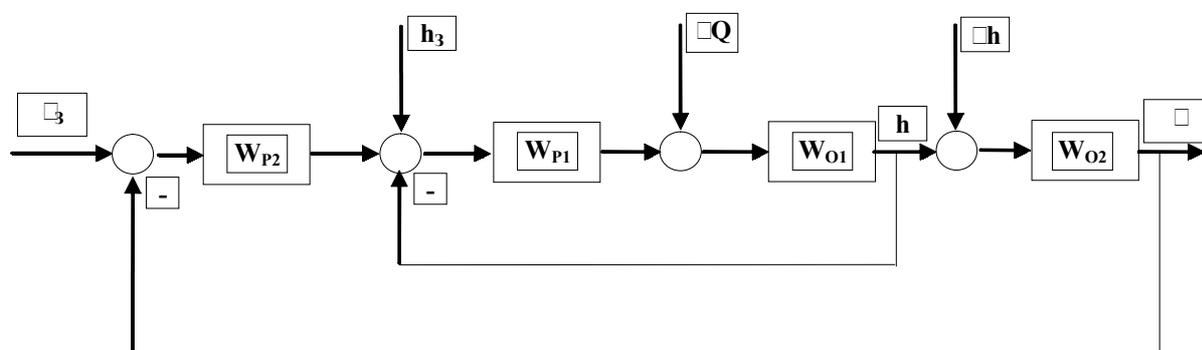


Рис. Алгоритмическая структура системы автоматической стабилизации качества концентрата:

W_{p1} – передаточная функция регулятора внутреннего контура; W_{o1} – передаточная функция флотомашины по каналу “положение регулирующего органа (шибера) – уровень пульпы”; W_{p2} – передаточная функция регулятора внешнего контура; W_{o2} – передаточная функция флотомашины по каналу “уровень пульпы – содержание массовой доли металла в концентрате”; h_3 и b_3 – заданные значения соответственно уровня и массовой доли металла в концентрате; ΔQ – возмущающее воздействие (изменение объемных расходов пульпы или количества твердого в пульпе), $\text{м}^3/\text{ч}$; Δh – колебания уровня пульпы, мм.

Известно, что в основных и контрольных операциях, как правило, применяют системы автоматической стабилизации уровня (см. внутренний контур на рис.). В то же время в перечистных операциях флотации стабилизировать уровень нецелесообразно, так как уровень в этом случае является мощным управляющим воздействием с целью получения концентрата заданного качества.

Оптимальные расходы реагентов, расходы воздуха в процессе флотации при некоторой среднестатистической характеристике обогащаемого сырья (плотности, ситовой характеристике, содержании полезного компонента) обеспечивают получение некоторых заданных значений выходных показателей в “хвостах” и концентрате. Практика показала, что к существенной потере качества в этих условиях приводят колебания объемных расходов пульпы

(либо количества твердого продукта в ней), которые происходят достаточно часто и влияют на содержание полезного компонента в концентрате гораздо сильнее, чем изменение массовой доли в исходном питании или другие факторы.

При отсутствии на конкретном объекте непрерывных анализаторов вещественного состава реализовать предложенную автоматическую систему в полном объеме невозможно. При ручном управлении флотатор оценивает качество концентрата по косвенным показателям (цвет пены, форма пузырьков, нагруженность пены минеральными частицами, наличие в пене твердых частиц и пр.) и, периодически изменяя положение регулирующего органа (шибера, регулирующего клапана), изменяет уровень пульпы в пределах технологического регламента, добиваясь при прочих равных условиях (оптимальность реагентного режима, расхода воздуха и пр.) получения концентрата заданного качества.

В соответствии с приведенной алгоритмической структурой (см. рис.) флотатор выполняет функцию внешнего регулятора и корректирует задание внутреннего контура, изменяя уровень пульпы.

При автоматическом управлении в предлагаемой для реализации каскадной (двухконтурной) системе стабилизации качества концентрата β (см. рис.) внутренний контур представляет собой систему стабилизации уровня пульпы h . Постоянство основной регулируемой величины β поддерживается не одним, а двумя регуляторами, причем регулятор внешнего контура воздействует не на регулируемый орган, а на задатчик регулятора внутреннего контура, корректируя задание этому контуру.

В последние годы появились непрерывные анализаторы вещественного состава руд и продуктов их переработки, что позволяет в полном объеме реализовать приведенную на рис. алгоритмическую структуру системы.

Было проведено цифровое моделирование предлагаемой системы регулирования для широкого диапазона постоянных времени и времени запаздывания объектов управления внутреннего и внешнего контуров и определены оптимальные настройки регулятора внешнего контура, исходя из заданного критерия качества.

Анализ результатов моделирования показал, что предлагаемая система вполне работоспособна, если по технологии допускается изменение уровня в широком диапазоне и инерционность по каналу вспомогательной регулируемой величины – уровню пульпы h – намного меньше инерционности по каналу основной регулируемой величины – содержанию полезного компонента в концентрате β .

ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

ГУСАКИН А. А., ВИНДЕКЕР А. В.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

При исследовании систем управления на устойчивость часто представляет интерес не только факт существования устойчивости или неустойчивости, но и определение пределов изменения значений одного или нескольких параметров в области, внутри которой система сохраняет устойчивость. Теоретически устойчивая система может оказаться практически неустойчивой, так как могут иметь место неточности при математическом описании объекта управления или во время работы системы возникнут непредвиденные отклонения параметров системы от расчетных, которые приведут систему в неустойчивое состояние или значительно уменьшат ее запас устойчивости. Например, из-за перегрева электрического двигателя могут измениться его постоянные времени.

Известны методики, которые позволяют для одноконтурных систем с типовыми линейными алгоритмами управления и объектом с запаздыванием строить области устойчивости в плоскости варьируемых параметров настройки регуляторов [1, 2]. При построении области устойчивости двухконтурной системы управления задача значительно усложняется из-за громоздких аналитических расчетов. Целью настоящей работы была проверка возможности замены точного аналитического расчета приближенным.

Суть приближенного расчета состоит в следующем. Для двухконтурной системы управления, состоящей из внутреннего контура с регулятором P_1 с выбранными по конкретному критерию качества параметрами настройки и объектом O_1 и внешнего контура с регулятором P_2 и объектом O_2 , составляют передаточную функцию эквивалентного объекта $O_{\text{ЭКВ}}$, куда входят последовательно соединенные передаточная функция замкнутого внутреннего контура и передаточная функция объекта O_2 . Затем по стандартной методике для условной одноконтурной системы, состоящей из регулятора внешнего контура P_2 и эквивалентного объекта $O_{\text{ЭКВ}}$, строят область устойчивости в плоскости параметров настройки регулятора O_2 .

Для системы, состоящей из внутреннего контура с ПИ-регулятором и инерционным объектом с запаздыванием и внешнего контура, состоящего также из ПИ-регулятора и инерционного объекта с запаздыванием, были получены точные и приближенные формулы и построены области устойчивости в плоскости параметров настройки регулятора внешнего контура.

Сравнительный анализ результатов моделирования системы показал, что в ряде случаев выбор параметров настройки внешнего регулятора по упрощенной модели может привести к неустойчивым переходным процессам.

ПРОТОКОЛЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

АБДРАХМАНОВ М. И., ЗАХАРОВ А. А.
ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

В середине 80-х гг. фирма *Robert Bosch GmbH* предложила собственный вариант построения сети контроллеров в системе управления автомобиля для решения проблемы, связанной с угрожающе разрастающейся тогда автомобильной проводкой. Найденные технические решения для автомобилестроения значительно развивались и приобрели статус универсальной технологии объединения контроллеров в промышленные сети нижнего уровня *CAN (Controller Area Network)*. Сегодня *CAN*-сети активно применяются в самых, казалось бы, неожиданных устройствах и механизмах — от стиральных машин до томографов и ракет: аттракционы, штамповочное, фрезерное и типографское оборудование, морские суда, промышленные роботы.

Промышленная сеть реального времени *CAN* представляет собой сеть с общей средой передачи данных. Это означает, что все узлы сети одновременно принимают сигналы, передаваемые по шине. Невозможно послать сообщение какому-либо конкретному узлу. Все узлы сети принимают весь трафик передаваемый по шине. Однако *CAN*-контроллеры предоставляют аппаратную возможность фильтрации *CAN*-сообщений.

Утилизация поля арбитража и поля данных и распределение адресов узлов, идентификаторов сообщений и приоритетов в сети является предметом рассмотрений так называемых протоколов высокого уровня (*HLP-Higher Layer Protocols*). Название *HLP* отражает тот факт, что протокол *CAN* описывает только два нижних уровня эталонной сетевой модели *ISO/OSI*, а остальные уровни описываются протоколами *HLP*.

Существует множество таких высокоуровневых протоколов. Наиболее распространенные из них это: *DeviceNet, CAL/CANopen, SDS, CanKingdom*.

Мировое распространение сети *Internet*, а также возрастающая потребность в вертикальном сообщении (обмене информацией между производственным участком и административными системами планирования управления производством) стали предпосылками к использованию привычных сетевых протоколов для интеграции АСУП и АСУ ТП. Внедрение *Ethernet* на уровне промышленных систем позволяет предприятиям передавать собираемую информацию на уровень АСУП для применения в различных приложениях. Это открывает возможность создать единую коммуникационную инфраструктуру предприятия, распространить на системы промышленной автоматизации такие преимущества *Ethernet*, как простота интеграции с *Internet*, возможность включения в сеть самых разнообразных устройств и централизованного управления ими.

В настоящее время наиболее развитыми технологиями являются *Ethernet/IP, Profinet (Profibus в Ethernet), Interbus-TCP/IP, IndustrialSMTP* и др. В докладе более подробно рассматриваются *Ethernet/IP* и *Profinet*.

EtherNet/IP означает “Промышленный протокол *Ethernet*”. Это открытый промышленный сетевой стандарт, который использует стандартные микросхемы *Ethernet* и физическую среду передачи информации. *EtherNet/IP* является открытой сетью, так как использует стандарт *Ethernet IEEE 802.3*, набор протоколов *TCP/IP*, стандартный промышленный протокол (*Common Industrial Protocol – CIP*), а также информационный протокол и протокол ввода вывода в режиме реального времени, которые используют сети *DeviceNet* и *ControlNet*.

PROFINET – это концепция открытой компонентной архитектуры для построения распределенных автоматизированных систем – от уровня устройств ввода/вывода до уровня руководства предприятия, обеспечивающая тесную интеграцию в единую систему подсистем на базе других промышленных шин (*fieldbus*). В *PROFINET* заложена открытая объектно-ориентированная концепция обмена данными, в которой используются такие стандартные механизмы *Ethernet*, как *TCP/IP*. На верхнем уровне базового механизма реализован протокол *DCOM* для объектно-ориентированного обмена данными между приложениями.

К ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗООТСАСЫВАЮЩИХ СИСТЕМ

САПОЖНИКОВ М. Г.
ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

В настоящее время на многих угольных шахтах существует проблема снятия так называемого “газового барьера”, возникающего в результате интенсификации отработки свит пологих и наклонных угольных пластов. Для снятия ограничений, накладываемых “газовым барьером”, используют метод комбинированного проветривания выемочных участков с применением поверхностных газоотсасывающих установок. Эффективность использования метода зависит от принятой модели описания выемочного участка, на основе которой рассчитываются параметры комбинированного проветривания. В связи с этим возникает задача построения моделей выемочного участка

различной сложности и степени полноты описания, а также выбора модели, отвечающей требованиям применимости в системах управления и точности описания объекта управления.

Цель доклада: описание основных параметров выемочного участка как объекта автоматического управления, выделение управляемых, управляющих и возмущающих воздействий, а также установление взаимосвязей между параметрами комбинированного проветривания.

Основной особенностью выемочного участка как объекта управления является независимость друг от друга управляющих воздействий: расхода газозвоздушной смеси, поступающей по воздухоподающей выработке, и расхода метановоздушной смеси, удаляемой газоотсасывающей установкой. Взаимонезависимость управляющих воздействий позволяет говорить о выемочном участке как об объекте дуального управления. Такая характеристика объекта управления дает право использовать принцип суперпозиций при исследовании характера и степени влияния управляющих воздействий на основную регулируемую величину – концентрацию метана в исходящей струе. На содержание метана в исходящей струе влияет динамическое газопроявление, выражающееся в кратковременном экстремальном метановыделении в атмосферу очистной выработки и является основным возмущающим воздействием в модели выемочного участка.

СПЕЦИФИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

РЕШЕТНИКОВ Д. В.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Целью доклада является ознакомление с требованиями, предъявляемыми к проектированию источников вторичного электропитания, используемых на опасных объектах (в угольных шахтах), и представление конкретного схемотехнического решения в результате проектирования источника вторичного электропитания.

При проектировании источников вторичного электропитания необходимо учитывать специфику их применения. В данном докладе речь пойдет об источниках вторичного электропитания оборудования автоматизации, применяемых на взрывоопасных объектах (угольных шахтах).

Конструкция проектируемых источников электропитания должна удовлетворять требованиям специальной нормативной документации:

– ПБ 03-553-03 Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом.

– ПБ 05-618-03 Правила безопасности в угольных шахтах.

– ГОСТ Р 51330.0-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования.

– ГОСТ Р 51330.10-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Искробезопасная электрическая цепь.

Основные требования, предъявляемые к источникам вторичного электропитания на взрывоопасных объектах:

– Обеспечение взрывобезопасности. Осуществляется с помощью различных видов взрывозащиты:

1) искробезопасная электрическая цепь уровня *ia*; 2) специальный вид взрывозащиты – компаундирование;

3) защита входных (искроопасных) цепей – взрывонепроницаемая оболочка.

– Наличие устройства автоматического ввода резервного электропитания.

– Широкий диапазон входного питающего напряжения переменного тока (37В-130В).

– Возможность автономного электропитания.

– Наличие различного выходного искробезопасного напряжения (12...24В).

– Наличие возможности оперативного изменения выходного искробезопасного напряжения для компенсации падения напряжения в длинных линиях питания.

– Наличие устройства телесигнализации оператору о состоянии (наличии или отсутствии) напряжения сети.

Тенденции развития индустрии производства источников вторичного электропитания сводятся к широкому применению импульсных источников питания с широко-импульсной модуляцией (ШИМ).

Благодаря импульсным источникам питания с ШИМ удалось снизить габаритно-массовые размеры ранее применяемых источников питания в угольной промышленности и увеличить КПД.

В результате проектирования получился модульный источник питания, в состав которого входят:

– модуль автоматического ввода резерва;

– модуль сетевой;

– модуль аккумуляторной поддержки.

Благодаря модульной структуре, возможно комбинирование различных вариантов источника питания в зависимости от поставленных требований заказчика.

ПРОГРАММИРУЕМАЯ СИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ (*PSoC*)

СЮЗЕВ С. М., ШНАЙДЕР И. В.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

В настоящее время современный датчик является микропроцессорным устройством. Основными функциями этого устройства являются усиление, нормирование, преобразование сигнала, получаемого от чувствительного элемента, а также отображение и передача информации. Как правило, эти функции практически реализуются на отдельных аппаратных модулях. Многие фирмы выпускают микропроцессоры, в структуру которых включены различные 8- и 16-битные микропроцессорные ядра, АЦП, ЦАП, усилители. Это 16-битные микропроцессоры серии *MSP430* фирмы *Texas Instrument*, 8-битные микропроцессоры *AVR* фирмы *Atmel* и другие.

Особое место в этом ряду занимают программируемые системы на кристалле *PSoC* компании *Cypress*. Микросхема *PSoC* (*Programmable System on Chip*) является микроконтроллером с встроенным массивом аналого-цифровых ресурсов. Внутри этой микросхемы можно реализовать обработку аналоговых и цифровых сигналов.

С помощью комбинирования аналоговых и цифровых блоков внутри микросхемы *PSoC* возможна реализация следующих функций измерительных систем: дельта-сигма АЦП, АЦП, последовательного приближения, интегрирующий АЦП, ЦАП, программируемый усилитель, аналоговый компаратор, детектор нуля, выборка-хранения, фильтр низких частот, полосовой фильтр, заградительный фильтр, амплитудный модулятор и демодулятор, генератор синусоиды, детектор синусоидального сигнала, детектирование боковых частот, удаление боковых частот, температурный датчик, аудиовыход, *DTMF*-генератор, *FSK*-модулятор, встроенный модем.

Конфигурируемая цифровая подсистема позволяет реализовать счетчики, таймеры, широтно-импульсные модуляторы, генераторы случайных последовательностей, блоки *CRC*, контроллеры интерфейса *SPI*, инфракрасный приемопередатчик и *UART*.

К цифровой периферии относят фиксированные аппаратные модули: контроллер *I2C*, умножитель и блок прореживания.

Цифровая подсистема состоит из четырех компонентов: глобальные цифровые связи; связи в массиве цифровых блоков; цифровые базовые и коммуникационные блоки.

Глобальные шины предназначены для передачи сигналов от контактов портов в цифровые блоки или для выдачи на контакты сигналов от цифровых блоков или от источников глобальных частот.

Аналоговая подсистема *PSoC* включает:

- массив аналоговых блоков;
- мультиплексоры входных сигналов;
- систему аналогового интерфейса;
- ускоритель операции последовательного интерфейса;
- источник опорных напряжений для аналоговых схем.

Аналоговые блоки построены на базе операционных усилителей. Эти усилители работают с сигналами с размахом, равным напряжению питания, и имеют небольшое напряжение смещения (от 1,2 до 1,6 мВ) и уровень шумов. Аналоговые блоки архитектурно разделены на три типа. Первый тип блоков построен на базе операционного усилителя с программируемой матрицей резисторов. Два других построены на базе операционного усилителя и переключаемых конденсаторов.

Каждый аналоговый блок имеет три основных выходных шины:

1. Аналоговая шина, которая является общей для всех блоков одного столбца. Сигнал с аналоговой шины может быть выдан во внешний мир через выходной буфер.
2. Шина компаратора, которая является цифровой шиной и также разделяется между блоками одного столбца.
3. Локальная выходная шина, которая соединяет блок с соседними блоками.

Аналоговый блок с матрицей резисторов имеет две дополнительные локальные шины. Они используются при работе блока в режиме усиления/подавления. Эти шины соединяются, соответственно, с входами соседнего аналогичного блока.

Проектирование программируемых систем на кристалле *PSoC Cypress* осуществляется с помощью программно-технических комплексов *PSoC Designer* и *PSoC Express*.

PSoC Designer интегрированная среда разработчика с полной поддержкой всех семейств программируемых систем на кристалле. В составе программы поставляется полная библиотека служебных модулей. Есть возможность работать на ассемблере и *C*.

PSoC Express является генератором приложений. При создании данных приложений используется только графический интерфейс. Процесс проектирования в этой системе разделен на 3 этапа:

1. Выбор из библиотеки элементов, которые обеспечивают входные данные: датчики температуры; терморезисторы с задаваемыми характеристиками; цифровой код; входные напряжения в диапазонах 0-2,6, 0-5, 0-12, 0-31 В; потенциометры; кнопки; переключатели; тахометры (импульсы с датчика скорости).

2. Выбор из библиотеки элементов, которые обеспечивают выходные данные: аналоговые выходы, зуммеры, ключи, широтно-импульсные модуляторы, реле, светодиоды и электродвигатели.

3. Задание функции зависимости выходных сигналов от входных с помощью логических выражений или таблицы соответствия.

После выполнения операций пользователь может провести программную симуляцию проекта, и затем можно получить полную информацию о проекте:

- полный список компонентов, используемых в проекте;
- полное техническое описание на проект;
- принципиальная схема на проект;
- файл прошивки для микросхемы *PSoC*.

При этом следует отметить, что при разработке не требуются знания языков программирования *C* и ассемблер, но необходимо знать алгоритмы получения и обработки информации.

ТИПОВОЕ ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ ГРУППЫ РЕАГЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ФЛОТАЦИИ

МОКАН А. С.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Процесс дозирования осуществляется из напорных баков реагентов с помощью дозаторов (питателей реагентов). В напорные баки реагент поступает из растворных баков отделения приготовления.

Задача автоматизации при дозировании реагентов заключается в том, чтобы обеспечить непрерывность подачи реагента в процесс и исключить переливы из напорных емкостей, создавая безопасные условия труда для обслуживающего персонала.

Такая задача может решаться с помощью методов синтеза конечных автоматов. Технологический комплекс приготовления и дозирования реагентов включает в себя два насоса: перекачивающий реагенты в напорный бак (№ 1), насос дозатор (№ 2). В баке контролируются 4 уровня: нижний аварийный, нижний, верхний и верхний аварийный. При этом производительность перекачивающего насоса существенно выше производительности насоса дозатора.

При синтезе систем должны выполняться следующие условия:

1. При заполнении напорного бака. Если объем реагентов достигает нижнего уровня, то включается насос дозатор (№ 2).

2. Если уровень достигает верхнего значения, то отключается перекачивающий насос (№ 1) и никак не изменяется работа насоса дозатора (№ 2).

3. При опустошении напорного бака: если уровень реагентов дойдет до нижнего значения, то включается перекачивающий насос (№ 1).

4. Если же уровень реагентов понизится и достигнет нижнего аварийного уровня, то насос дозатор должен отключиться.

5. Дополнительное условие – ручное включение электродвигателей насосов.

В соответствии с методом карт Карно, введем символы, обозначающие действие датчиков уровня и двигателей насосов:

x_1, x_2, x_3, x_4 – символы, отражающие возможное состояние датчиков нижнего аварийного, нижнего, верхнего и верхнего аварийного уровней соответственно;

x_5, x_6 – символы, отражающие возможное состояние выключателей и двигателей насосов (№ 1) и (№ 2) соответственно;

y_1, y_2 – символы, отражающие возможное состояние перекачивающего насоса (№ 1) и насоса дозатора (№ 2).

Осуществляем синтез дискретной системы управления дозирующим и перекачивающим насосами.

В результате преобразования получим аналитические выражения логической функции, отражающей указанные условия работы систем:

$$y_2 = x_6 x_1 \bar{j} + x_6 x_2 = x_6 (x_1 \bar{j} + x_2), \quad (1)$$

$$y_1 = x_5 \bar{x}_3 j + x_5 \bar{x}_2 = x_5 (\bar{x}_3 j + \bar{x}_2). \quad (2)$$

Релейно-контактный вариант, реализующий работу систем согласно уравнений (1) и (2), приведен на рис. 1.

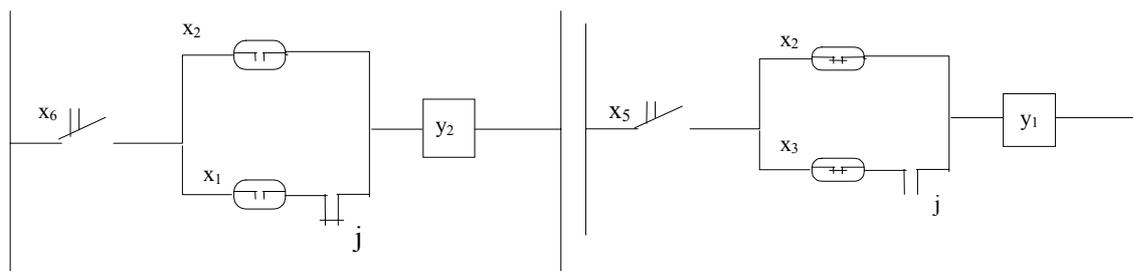


Рис. 1. Релейно-контактная схема работы перекачивающего насоса (а) и насоса-дозатора (б)

Используя пакет *Simulink* приложения *MATLAB 6.5*, создадим модель системы управления с использованием элементов *AND*, *NOT*, *OR* для реализации соответствующих операций.

Как видно из структурной схемы (рис. 2), система автоматического управления состоит из двух фрагментов: первый описывает функционирование перекачивающего насоса, а второй – дозирующего.

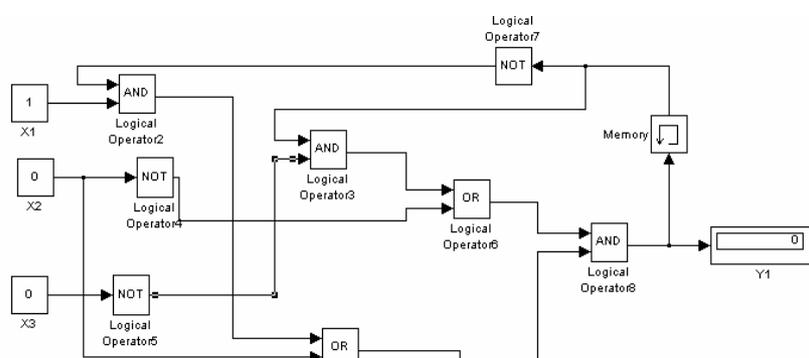


Рис. 2. Структурная схема модели системы автоматического управления дозирования реагентов

Используется сигнализатор уровня типа РС-301; рассмотренный алгоритм и модель могут быть реализованы на микропроцессорных контроллерах типа *LOGO!* фирмы *SIEMENS (LOGO! 230RC)*. Под программированием контроллера типа *LOGO!* подразумевается создание коммутационной программы.

Существуют два метода программирования контроллеров типа *LOGO!* :

- 1) набор программы непосредственно в контроллере;
- 2) с помощью программного обеспечения *LOGO!Soft Comfort* программа набирается на ПК и переносится в *LOGO!*.

При программировании первым способом схема, приведенная на рис. 2, реализуется в контроллере *LOGO!*, начиная с выхода.

При программировании вторым способом создается коммутационная программа в *LOGO! Soft Comfort*, (см. рис. 3), которая переносится в контроллер.

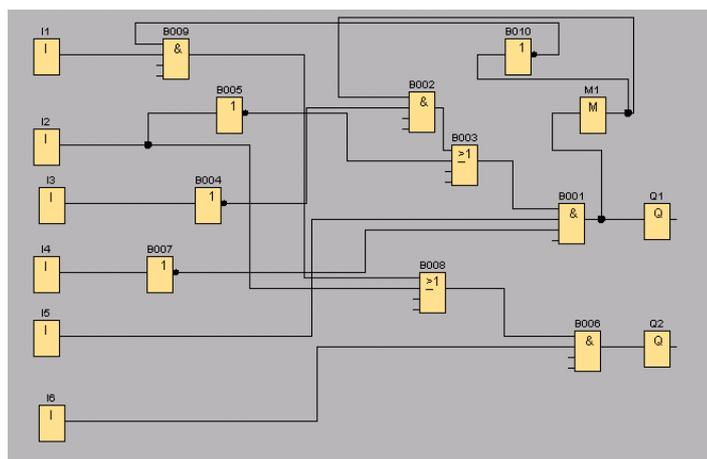


Рис. 3. Логическая схема коммутационной программы

Проблема, решаемая с помощью системы автоматизированного управления дозированием реагентов в процессе флотации, является актуальной, так как способствует более экономному расходованию реагентов (в соответствии с алгоритмом управления) и исключает потери реагентов в случае их перелива в напорных емкостях. Учитывая дороговизну реагентов, и как правило, их высокую токсичность, система обеспечивает рациональное использование реагентов, повышает безопасность работы с ними, и при этом достигается высокая культура труда в реагентных отделениях.