

нов «Урал-20Р» / Н.В. Чекмасов, Д.И. Шишлянников, М.Г. Трифанов // Известия вузов. Горный журнал. – 2013. – № 6. – С. 103–107.

4. Шишлянников, Д.И. Выбор технически обоснованных режимов работы комбайнов «Урал» на основе оценки нагруженности их приводов в реальных условиях эксплуатации / Д.И. Шишлянников, М.Г. Трифанов, Н.В. Чекмасов, С.Л. Иванов // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 7. – С. 3–8.

УДК. 621.313.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

**Эшмуродов З.О., Арзиев Э.И., Исмоилов М.Т.,
Махмудов Г.Б., Саидова Ф.А.**

Навоийский государственный горный институт

В статье проанализированы режимы работы электроприводов подъемно транспортных машин. Проведенный анализ систем управления электроприводами действующего шахтные подъемные машины горнорудных комплексов показал что, одним из основных путей повышения энергоэффективности шахтных подъемных машин является целесообразность применения системой автоматизированного управления шахтной подъемной машиной построенной на базе современных программируемых логических контроллеров.

Электрооборудование подъемно транспортных машин (ПТМ) работает в сложных условиях, связанных с запыленностью воздуха, вибрациями, в ряде случаев с высокой температурой и повышенной влажностью. Режим работы систем электропривода интенсивный повторно - кратковременный с частыми пусками, реверсами и торможениями. В настоящее время во многих шахтах горнорудных комплексов применяются системы электропривода, выполненные на базе асинхронного двигателя с фазным ротором (АД ФР).

Проведенный анализ действующего электрооборудования горнорудных комплексов показал довольно широкое применение асинхронных двигателей с фазным ротором (АДФР) для мощных (более 300 кВт) механизмов с тяжелыми условиями пуска (ЭП подъемно-транспортных механизмов, ЭП конвейеров и пр.). На сегодняшний день управление производственным про-

цессом на основе данных электромеханических систем осуществляется путем введения в цепь ротора двигателя добавочных активных сопротивлений. Такой способ регулирования в наше время себя исчерпал в силу энергетической неэффективности.

Шахтные подъемные машины (ШПМ) являются одними из основных потребителей электроэнергии на шахте. Даже небольшое относительное снижение их энергопотребления дает значительную экономию энергоресурсов. Например, для шахтных подъемных установок (ШПУ) с приводом мощностью 2000 кВт снижение электропотребления на 1 % дает абсолютную годовую экономию порядка 80-120 тыс. кВт·час [1].

Одним из основных путей повышения энергоэффективности и снижение энергопотребления ШПМ является внедрение преобразователя частоты и системы управления электроприводом ШПМ, которые в совокупности позволяют рекуперировать электроэнергию в питающую сеть в режиме генераторного торможения.

В настоящее время существует ряд таких систем электропривода ШПМ, обеспечивающих рекуперацию электрической энергии в питающую сеть. При этом эффективность работы электропривода ШПМ в таком режиме определяется функциональными возможностями частотного преобразователя, алгоритмом его управления, системой управления скоростью сосудов ШПМ и точностью настройки регуляторов системы управления.

На сегодняшний день, идет процесс перехода от старых систем управления на более совершенные. Так как основными потребителями электроэнергии в промышленности являются электроприводы, то этот процесс приобретает актуальную научную задачу.

Таким образом, задача разработки и исследования энерго-сберегающего электропривода ШПМ, работающего в режиме генераторного торможения с возможностью рекуперации электроэнергии, являются актуальной.

Анализ режимов работы электроприводов ШПМ показали, что в режиме рекуперативного торможения использование известных структур не обеспечивает энергоэффективность, так как потенциальная энергия спуска концевой нагрузки не передается в питающую сеть, а рассеивается в блоках тормозных сопротивлений.

Для электропривода шахтного подъема целесообразно применять двухзвенный преобразователь частоты со звеном рекуперации электроэнергии, позволяющий в режиме рекуператив-

ного торможения при спуске грузов возвращать энергию торможения в питающую сеть. Преобразователи частоты, построенные таким образом, оказываются наиболее перспективными с точки зрения энергоэффективности и точности управления.

Для шахтных подъемных машин целесообразно применение системой автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШПМ) построенной на базе современных программируемых логических контроллеров (ПЛК), и обеспечивающей высокий уровень безопасности и надежности работы подъемной установки.

САУШПМ состоит из двух объединенных шинами связи каналов. Каждый из каналов представляет собой независимый ПЛК с подключенными устройствами ввода-вывода сигналов, датчиками и органами управления. При выполнении программы управления ПЛК анализирует сигналы от датчиков и органов управления, и формирует сигналы управления оборудованием подъемной установки. Для реализации концепции двухканальности, контроль критических параметров работы подъемной установки осуществляется обоими каналами при помощи удвоенного набора датчиков. При этом сигналы, полученные от датчиков, а также управляющие сигналы, сформированные в первом и втором канале, подвергаются контролю эквивалентности. Таким образом, выполняется контроль исправности обоих каналов САУШПМ.

В САУШПМ применяются ПЛК разных моделей одного семейства. Это позволяет реализовать защиту от ошибочного выполнения управляющей программы, связанного с ошибками в системном программном обеспечении или с аппаратной неисправностью ПЛК. В этом случае возникает рассогласование управляющих сигналов, что подпрограмма контроля эквивалентности распознает как ошибку.

Особенностью предлагаемой системы технологической автоматизации является применение ПЛК Simatic S7-1500. Применение в ПЛК семейства Simatic S7-400, которые на сегодняшний день являются морально устаревшими в процессе эксплуатации ШПМ.

В состав САУШПМ входят следующие устройства:

- шкаф управления подъемом (ШУП) в котором размещены ПЛК канала А, ПЛК канала В, и регистратор параметров;
- щит вспомогательных (ЩВ), в котором размещена пусковая и защитная аппаратура и источники бесперебойного питания;

- станция ввода-вывода (СВВ) для подключения датчиков и исполнительных механизмов, расположенных в машинном зале;
- пульт машиниста шахтного подъема (ПМ) с интегрированной в него видеотерминальной станцией (ВТС);

- инженерная станция (ИС);

Для получения текущих параметров подъемной установки к системе управления подключен комплект датчиков, включающий:

- установленные на валу подъемной машины импульсные датчики;

- установленные в стволе путевые датчики;

- установленные в обмотках двигателя и силовых трансформаторов, а также в опорах подшипников датчики температуры.

САУШПМ выполняет управление следующими системами подъемной машины:

- системой привода;

- системой управления тормозом;

- автоматизированной системой стволовой сигнализации и связи;

- комплектным распределительным устройством.

Кроме того, САУШПМ может обмениваться информацией с автоматизированной системой диспетчерского управления (АСОДУ).

Взаимодействие между устройствами САУШПМ, а также с внешними по отношению к ней устройствами, осуществляется как по локальным промышленным сетям Profinet и Profibus DP, так и по физическим линиям.

Управление устройствами и исполнительными механизмами (включение пускателей щита вспомогательных приводов, управление механизмом расцепления барабанов и т.д.), а также передачу управляющих сигналов в привод, высоковольтное распределительное устройство и т.д. осуществляет канал А. Однако это происходит после прохождения контроля эквивалентности управляющих сигналов, которые формируются в канале А и канале В независимо друг от друга.

Важнейшим вопросом при разработке системы управления скорости сосудов ШПМ является выбор рациональной структурной схемы САУ. САУ ШПМ, как правило, строятся по двухконтурной или трехконтурной системе подчиненного регулирования, с внешним контуром регулирования скорости и внутренними контурами регулирования тока (момента), напряжения. В трехконтурных системах в случае появления погрешности по

пути в период замедления ШПМ дополнительно подключают четвертый контур регулирования положения сосудов ШПМ [2].

Анализ САУ ШПМ проводят в следующей последовательности: выполняется оценка постоянных времени путем их разделения на группы с малыми и большими постоянными временами; находятся характеристические уравнения и выбираются типы регуляторов; выбираются контуры регулирования в связи с выдвигаемыми технологическими задачами. Выбор типа внутренних регуляторов системы управления (например регулятор тока) зависит от определенных требований. Если ставится задача компенсации постоянной времени (якоря двигателя или генератора), то применяется пропорционально – интегральный (ПИ) регулятор тока. Если требуется ограничение темпов нарастания тока (якорного или тока возбуждителя генератора), то должен быть применен пропорционально – интегрально – дифференциальный (ПИД) регулятор тока.

При выборе структурной схемы САУ контуров регулирования нужно учитывать следующие технологические требования [3]: требование обеспечения программирования движения – определяет необходимость применения либо задатчика интенсивности с изменяющимися темпами нарастания напряжения на выходе при подаче путевых импульсов, либо устройства программирования скорости по пути; требование выполнения оптимальной диаграммы движения, уменьшение динамических ошибок регулирования – определяет необходимость осуществления в САУ компенсации больших постоянных времени; требование обеспечения высокой статической точности регулирования скорости – определяет необходимость применения двухкратноинтегрирующих систем.

САУШПМ позволяет гибко конфигурировать тахограммы движения под конкретные условия ствола с учетом количества горизонтов, ограничения скорости прохождения промежуточных горизонтов и т.д. Для каждого режима работы («Груз», «Люди», «Ревизия» «Негабарит» «Перестановка» и др.) может быть сформирована отдельная тахограмма движения.

САУШПМ определяет текущее положение подъемных сосудов посчитывая количество импульсов, полученное от инкрементальных энкодеров, механически связанных с валом подъемной машины. Для минимизации погрешности, вызванной растяжением канатов, а также с целью исключения накопления погрешности в процессе работы, значения счетчика положения

корректируются каждый цикл подъема при срабатывании магнитного выключателя синхронизации, установленного в створе и срабатывающего каждый раз, когда мимо него проезжает подъемный сосуд.

Выводы

По результатам проведенного анализа современных электроприводов ШПМ сделаны следующие выводы: электропривода целесообразно построить на базе тиристорными преобразователями частоты (ПЧ) Siemens SINAMICS S150. ПЧ имеют модульную конструкцию, позволяющую гибко конфигурировать преобразователь. Предлагаемые ПЧ состоят из активных модулей питания, обеспечивающих передачу энергии в промежуточный контур (звено постоянного тока) и рекуперацию энергии при работе двигателя в генераторном режиме, и модулей двигателя, обеспечивающих четырех квадрантное векторное управление двигателем. Активные модули питания обеспечивают регулируемое постоянное напряжение, которое остаётся неизменным при изменении напряжения питающей сети в пределах разрешенных допусков, кроме того активные сетевые модули потребляют из сети почти синусоидальный ток и практически не оказывают негативных влияний на питающую сеть.

Таким образом, система автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШПМ) является комплексным энергосберегающим устройством, который может быть использован в составе системы электропривода ШПМ.

Библиографический список

1. *Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский и другие. – М.: Академия, 2004. – 256 с.*

2. *Пугачёв, Е.В. Обзор рынка частотно – регулируемых электроприводов со звеном рекуперации электроэнергии в питающую сеть / Е.В. Пугачёв, П.Р. Нусратов, В.С. Иванов // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: Изд. СибГИУ, 2014. – №1. – С. 188-193.*

3. *Применение электроприводов постоянного и переменного тока в шахтной подъемной установке. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2005/eltf/os-troukhov/library/7.rtf>. – 2.04.2016.*

4. Эшмуродов З.О., Рахимов А, Регулируемые электроприводы в машинах и механизмах горных комплексов. *Материалы международной научно-технической конференции "Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития"*. Навои, 12-14 мая 2010 г. – 505 с.

5. Bose B.K. *Modern power electronics and AC drives / Bimal Bose*. – Knoxville: The University of Tennessee, 2002. –738 p.

6. Эшмуродов З.О., Сатторов О.У, Сайфулин Р.Р. Система автоматического управления конвейерным оборудованием. *Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития»*. Навои 15-16 ноября 2016 года – 460 с.

7. L. Zhang. "Modeling and Control of VSC – HVDC Links connected to Weak AC Systems", Doctor of Philosophy, School of Electrical Engineering Electrical Machines and Power Electronics, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2010.

УДК 621.313

СИСТЕМНО-ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Эшмуродов З. О., Арзиев Э. И., Исмоилов М. Т.
Навоийский государственный горный институт

Системно-организованные, локально-индивидуализированные технологии предусматривают на горнорудных комплексах, разделение на приоритетные зоны, одновременное параллельное и взаимосвязанное выполнение комплекса технологических операций по производству продукции: операций по подготовке и дроблению горных пород, транспортирование, отгрузки и.т.д. Взаимодействие между выполняемыми процессами осуществляется в режиме реального времени с возможностью необходимых корректировок процессов в ходе их выполнения.

Основа современной теории проектирования оптимального управления горнодобывающих производством – общесистемный динамический адаптивный подход, необходимый для описания природных и техногенных процессов обмена и преобразования энергии, вещества, информации в составе горнотехноценозов (ГТЦ), как единый управляемый процесс. Протекающие