

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

**Эшмуродов З.О., Холбоев Г.О., Арзиев Э.И.,
Исмоилов М.Т., Орипова У.З.**

Навоийский государственный горный институт

Проведен анализ режимов работы электроприводов подъемно транспортных машин (ПТМ) и систем управления электроприводами действующего шахтные подъемные машины (ШПМ) горнорудных комплексов. Одним из основных путей повышения энергоэффективности ШПМ является замена устаревших неэкономичных и не удовлетворяющих современным требованиям к динамическим показателям синхронных электродвигателей с фазным ротором.

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.

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 процессом 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 [1].

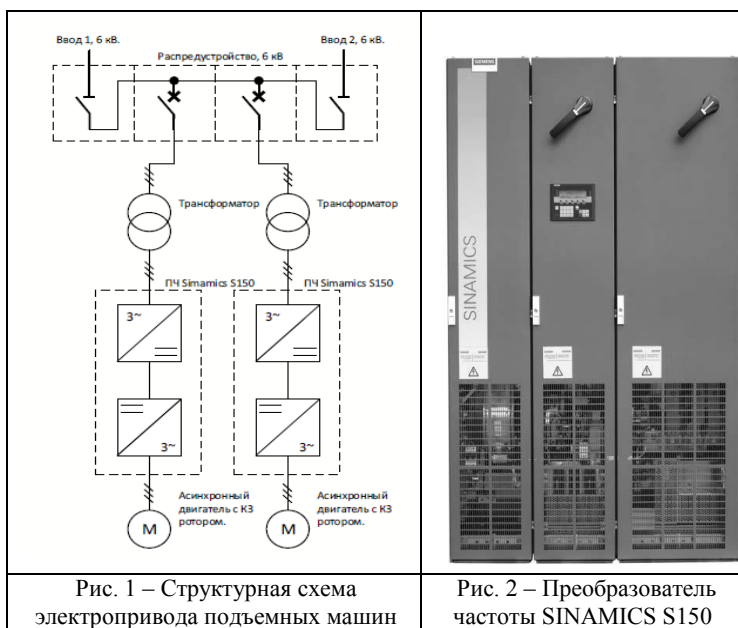
Применяемые в настоящее время системы параметрического управления пуском и регулированием частоты вращения АД ФР, неэкономичны и не удовлетворяют современным требованиям к динамическим показателям.

Одним из основных путей повышения энергоэффективности ШПМ является применение асинхронные электродвигатели скороткозамкнутым ротором (рис. 1.), предназначенными для работы в составе частотно регулируемого электропривода. Внедрение преобразователя частоты и системы управления электроприводом ШПМ, которые в совокупности позволяют

рекуперировать электроэнергию в питающую сеть в режиме генераторного торможения [2, 3].

Таким образом, задача разработки и исследования энерго-сберегающего электропривода ШПМ, с возможностью рекуперации электроэнергии, являются актуальной.

На сегодняшний день, на горнорудных предприятиях 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. На рис. 1. приведена структурная схема электропривода подъемных машин.



В асинхронных двигателях применена усиленная изоляция обмоток, рассчитанная на напряжение 6 кВ, двигатели оснащаются импульсными энкодерами и вентиляторами типа «наездник». Двигатели выполнены на подшипниках качения с консистентной смазкой, подшипники с неприводной стороны вала изолированы.

Двигатель реверсивный. Регулирование частоты вращения от нуля до основной производится изменением подводимого напряжения и частоты. Питание двигателя осуществляется от

преобразователя частоты со звеном постоянного напряжения с широтно-импульсной модуляцией.

Подъёмные машины комплектуются тиристорными преобразователями частоты (ПЧ) Siemens SINAMIC SS150 (рис. 2). ПЧ имеют модульную конструкцию, позволяющую гибко конфигурировать преобразователь. 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 обеспечивает 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.

Основные технические параметры ПЧ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические параметры ПЧ с ухудшением параметров тока

Параметр	Значение
Тип подъёмной машины	Ц – 3х2,2-1П
Количество ПЧ	2
Типовая мощность	560 кВт
Входное напряжение	690 В +10% - 15%
Входное ток	
- базовый ток	522 А
- макс. ток	862А
Выходное ток	
-базовый ток нагрузки I_n	575А
- макс.ток	840А
Выходное напряжение	0...690 В
Частота импульсов	
- без ухудшения параметров тока	1,25 Гц
- с ухудшением параметров тока	7,5 Гц
Степень защиты	IP 20

Система автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШМ)

Шахтные подъемные машины необходимо оснащать современной 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 [4, 5].

Структурно САУШПМ состоит из двух объединенных шинами связи каналов. Каждый из каналов представляет собой независимый ПЛК с подключёнными 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.

Отличительной особенностью предлагаемой системы технологической автоматизации является применение новейших ПЛК Simatic S7-1500, производство которых начатов компании Siemens в 2013 г. ПЛК семейства Simatic S7-1500 приходит на смену выпускаемых с середины 90-х годов прошлого века, семейств ПЛК Simatic S7-300 и Simatic S7-400. В связи с тем, что нормативный срок службы подъемной установки составляет 25 лет, применение в ПЛК семейства Simatic S7-400, которые на сегодняшний день являются морально устаревшими и создает значительные трудности сточки зрения обеспечения запасными частями в процессе эксплуатации ШПМ [5].

В состав САУШПМ входят следующие устройства:

- шкаф управления подъемом (ШУП) в котором размещены ПЛК канала А, ПЛК канала В, и регистратор параметров;
- щит вспомогательных приводов (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).

Функция задания и контроля параметров движения подъемной машины.

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 [6].

Функции задания и контроля движения подъемной машины реализованы специальными программными блоками, исполняемыми в ПЛК канала А и канала В САУШПМ.

Функция задания движения формирует значение задания скорости и направления для привода подъемной машины и осуществляет управление рабочим тормозом.

Величина задания скорости определяется как меньшее из величины, определенной тахограммой движения (набором параметров, определяющих скорость движения подъемного сосуда в зависимости от положения в стволе) и заданием от командо аппарата хода.

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 [7].

Параметры тахограмм движения сохраняются в энергонезависимой памяти ПЛК канала А и канала В.

Выводы

Таким образом, система автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШПМ) на базе ПЛК Simatic S7-1500, с разработанным алгоритмом управления является комплексным энергоэффективной системой управления, целесообразно использовать в управления ШПМ.

Библиографический список

1. Мещеряков В. Н. *Электромеханические системы с асинхронным двигателем с фазным ротором для подъемно-транспортных механизмов металлургических предприятий. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург- 1999.*

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

3. Улащик, Н.М. *Силовая преобразовательная техника: конспект лекций. Часть 1/ Н.М. Улащик. – Минск.: Издательский центр БНТУ, 2010. – 133 с.*

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., Самторов О.У, Сайфуллин 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 г.– 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.*

8. Пугачёв, Е.В. *Обзор рынка частотно – регулируемых электроприводов со звеном рекуперации электроэнергии в питающую сеть / Е.В. Пугачёв, П.П. Нусратов, В.С. Иванов // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов.*

Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: Изд. СибГИУ, 2014. – №1. – С. 188-193.

9. Лазарева, М.В. Анализ диаграмм ускорений, рывка и усилий в шахтных подъемных установках. X Международная научно – практическая конференция «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых». Донецк 18-20 мая 2010 г. [Электронный документ]. Режим доступа: [http:// masters.donntu.org/2010/etf/lazareva/library/article2.htm](http://masters.donntu.org/2010/etf/lazareva/library/article2.htm). – 2.04.2016.

10. Применение электроприводов постоянного и переменного тока в шахтной подъемной установке. [Электронный документ]. Режим доступа: [http://masters.donntu.org/2005/eltf/ ostroukhov/library/7.rtf](http://masters.donntu.org/2005/eltf/ostroukhov/library/7.rtf). – 2.04.2016.