УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Тульского
государственного университета»
Кумкарь В. П.
_____
«30» 08. 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» на диссертационную работу Нусратова Пайрава Рухонидиновича «Разработка и исследование энергосберегающего электропривода шахтных подъемных машин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы исследования

Направление энергосбережения и повышение эффективности использования энергоносителей на период до 2020 года в России являются важнейшими стратегическими направлениями. Сложившаяся практика использования электропривода подъемно-транспортных механизмов основывается на том, что электроэнергия генерируемая электродвигателем при спуске или торможении инерционного механизма не передается в питающую сеть и не используется для собственных нужд, а рассеивается в виде тепла на блоках тормозных сопротивлений. Это приводит к неэффективному использованию электроэнергии. При этом большинство электроприводов работающих в составе горных машин и установок, таких как подъемно-транспортные, бремсберговые конвейеры значительную часть цикла работают в режиме рекуперативного торможения.

Электропривод большинства механизмов горных установок, например шахтные подъемные машины (ШПМ) оснащены асинхронными электродвигателями с фазным ротором. Так по данным ЗАО «ЭРАСИБ», суммарные годовые непроизводительные потери электроэнергии в действующем электроприводе ШПМ шахты «Осинниковская» составляют 2875250 кВт·часов. Данные потери ликвидированы внедрением преобразователя частоты и системы управления электроприводом ШПМ, которые в совокупности позволяют рекуперировать значительное количество электроэнергии в режиме рекуперативного торможения.

Таким образом, актуальность диссертационной работы Нусратова П.Р., направленной на разработку и исследование электропривода ШПМ, работающего в режиме генераторного торможения с возможностью рекуперации электрической энергии в питающую сеть и для собственных нужд, не вызывает сомнения.

Содержание диссертационной работы

По структуре диссертация содержит введение, 4 главы, заключение, список использованной литературы из 110 наименований, 2 приложения. Работа изложена на 139 страницах, иллюстрирована 9 таблицами и 71 рисунками.

В первой главе диссертационной работы произведен анализ современного состояния и направлений развития электроприводов шахтного подъема в режиме рекуперативного торможения, исследован силовой канал системы усовершенствованной структуры на основе преобразователя частоты с возможностью рекуперации электрической энергии. На основании результатов анализа режимов работы шахтных подъемных установок рассмотрены возможные пути получения энергии рекуперации в режиме рекуперативного торможения, а также оценен эффект энергосбережения путем экономии электроэнергии при спуске грузов в однососудных и двухсосудных подъемных установок. Рассмотрены современные структуры электроприводов ШПМ, выделен предмет исследования – работающий в режиме рекуперативного торможения автоматизированный асинхронный электропривод ШПМ, оснащенный частотно – регулируемым электроприводом и системой управления скоростью сосудов. Рассмотрены достоинства и недостатки существующих электроприводов ШПМ в режиме рекуперативного торможения. Предложен алгоритм управления силовыми ключами двухзвенного преобразователя частоты со звеном рекуперации электроэнергии, позволяющий расширить диапазон рекуперации электроэнергии. Приводится анализ электромеханического (ЭМС) взаимодействия электромеханических и электромагнитных процессов в электроприводе шахтного подъема в режиме рекуперативного торможения. Исследовано влияние концевой нагрузки и жесткости канатов ЭМС подъемной установки в режиме рекуперативного торможения на динамические показатели качества. Рассмотрены основные существующие системы автоматического управления ШПМ, приведены типовые тахограммы скорости подъемных установок.

На основании цели диссертационной работы и результатов проведенных анализов сформулированы основные задачи исследования.

Вторая глава диссертационной работы посвящена разработке математической модели системы электропривода ШПМ в режиме рекуперативного торможения с учетом усовершенствованной структуры системы электропривода, установленных закономерностей формирования переменности концевой нагрузки и, влияния жесткости канатов подъемной

установки и управляющих воздействий в её электромеханической системе. Предложено математическое описание ЭМС подъемной установки с учетом усовершенствованной структуры системы управления электропривода в режиме рекуперативного торможения.

Третья глава посвящена разработке модифицированной системы управления электроприводом ШПМ в режиме рекуперативного торможения и методики настройки регуляторов в системе подчиненного регулирования координат. Проведена оценка работоспособности синтезируемых регуляторов системы управления электроприводом ШПМ на базе разработанной компьютерной модели в среде *PSIM/SimView*. Оценка эффективности разработанной структуры системы управления электропривода ШПМ осуществлялась в сравнении с альтернативными системами электропривода ШПМ на основе классических П и ПИ – регуляторов скорости.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена имитационному моделированию в среде *PSIM/SimView* с целью проверки работоспособности предлагаемой системы управления электроприводом ШПМ в режиме рекуперативного торможения, а также экспериментальным исследованиям в инструментальном программном обеспечении *Matlab/Simulink*. Приводится краткое описание системы управления электропривода ШПМ на основе микроконтроллера *dspic30f4011*. Экспериментальная часть исследования проведена на основе генерации управляющего кода (*C-code*) и прошивки полученного кода в микроконтроллер, который управляет усовершенствованной структурой системы управления электроприводом ШПМ. Генерирование управляющего кода осуществлялось использованием многофункционального узла связи *PIL* (*Processor – in – the – Loop*).

Научная новизна

1. Разработан алгоритм управления двухзвенным преобразователем частоты с усовершенствованной структурой, отличающейся тем, что позволяет увеличить ток, рекуперируемый в питающую сеть при торможении асинхронного электродвигателя.

2. Разработана математическая модель системы электропривода ШПМ, отличающаяся тем, что учитывает в режиме рекуперативного торможения закономерности формирования изменения величины концевой нагрузки ШПМ, переменной жесткости канатов и электромеханические и электромагнитные процессы, протекающие в преобразователе частоты с усовершенствованной структурой.

3. Создана модифицированная система управления скоростью сосудов ШПМ, отличающаяся тем, что компенсирует в режиме рекуперативного торможения влияние концевой нагрузки и закономерности формирования управляющих воздействий.

4. Разработана методика настройки регуляторов модифицированной системы управления скоростью сосудов ШПМ, отличающаяся тем, что настройка регуляторов

осуществляется в три этапа и учитывает влияние внутренней обратной связи по моменту сил упругости.

Достоверность научных положений и выводов

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются корректным применением математических методов теории автоматического управления, теории электропривода, методов компьютерного моделирования, сравнением имитационного моделирования с результатами известных экспериментов, а также достаточной сходимостью результатов с экспериментальными исследованиями на лабораторной установке (расхождение в пределах 10%).

Практическая ценность работы

1. Разработанный двухзвенный преобразователь частоты с усовершенствованной структурой обладает лучшими энергетическими и функциональными показателями по сравнению с существующим преобразователем частоты на основе активного выпрямителя напряжения (защищено патентом на изобретение).

2. Разработанная математическая модель системы электропривода ШПМ может быть использована при исследовании динамических процессов, протекающих в трехмассовой упругой системе подъемной установки в режиме рекуперативного торможения, а также в учебном процессе для обучения студентов по специальности 130400 – Горное дело (спецификация «Электрификация и автоматизация горного производства») и повышения квалификации специалистов в области шахтного подъема.

3. Разработанная методика настройки регуляторов системы управления электроприводом ШПМ, отличающаяся поэтапным синтезом контуров регулирования, обеспечивает минимальные колебания в упругих элементах кинематической цепи подъемной установки по сравнению с существующими методами настройки системы управления электроприводом в режиме рекуперативного торможения.

4. Разработан алгоритм управления двухзвенным преобразователем частоты с усовершенствованной структурой.

Рекомендации по использованию результатов и выводов

Результаты работы внедрены в опытно-конструкторские разработки предприятия ООО «Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ» при проектировании опытно-промышленного образца энергосберегающего электропривода переменного тока на основе двухзвенного преобразователя частоты со звеном рекуперации электроэнергии, что подтверждается соответствующим актом о внедрении.

Рекомендуется полученные результаты и выводы использовать при проектировании, модернизации и техническом перевооружении электроприводов, входящих в состав таких горных

машин как шахтных подъемных машины и экскаваторы.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них: 3 – в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ; 9 – в сборниках трудов конференций и 1 патент РФ на изобретение.

Диссертация написана грамотно и выполнена на высоком научном уровне.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертации

1. В диссертации основное внимание уделено исследованию рекуперативного торможения с возможность энергосбережения, но совершенно отсутствует анализ и графики других важных энергетических показателей качества использования электрической энергии, например, таких как коэффициента мощности и КПД.

2. В работе не рассмотрено влияние переключения силовых ключей двухзвенного преобразователя частоты на питающую сеть.

3. В работе не представлен анализ влияния положения сосудов в двухсосудной подъемной установке на режим рекуперативного торможения.

4. Физический смысл параметра «модифицированная система управления», используемого автором при разработке системы управления электроприводом ШПМ, требует пояснений.

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки результатов работы.

Заключение

Диссертация Нусратова П.Р. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Полученные на основе теоретических исследований новые научные результаты, имеют существенное значение для науки и техники, и их можно квалифицировать как решение научно-технической задачи, имеющей важное значение для таких отраслей знаний как электротехника, электропривод, преобразовательная техника. Внедрение представленных в диссертационной работе результатов позволяет решить проблему ресурсо - и энергосбережения на подъемно-транспортных машинах горного производства. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. По своей актуальности, объему выполненных исследований, научному содержанию, новизне и практической значимости результатов работа отвечает требованиям **п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней**, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Нусратов Пайрав**

Рухонидинович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв составил д-р техн. наук, профессор, зав. кафедры «Электроэнергетика» Степанов Владимир Михайлович. Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры «Электроэнергетика» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (протокол № 8 от «30 » 08. 2016 г.)

Зав. кафедрой «Электроэнергетика»
д-р техн. наук, профессор _____ В.М. Степанов

Председатель семинара _____ В.М. Степанов

Секретарь семинара _____ Т.Е.Сергеева