

Отзыв

официального оппонента на диссертацию **Поползина Ивана Юрьевича**
«Автоматизированная система управления электроприводом переменного тока шахтной
подъемной установки на основе машины двойного питания», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы исследования

Транспортировка полезного ископаемого и других грузов из шахты на поверхность и обратно является важной частью технологических процессов строительства шахт и рудников, а также добычи полезных ископаемых. Шахтные подъемные установки (ШПУ) связывают подземные участки шахт с участками, находящимися на поверхности, они являются звеном, определяющим производительность технологического процесса добычи в целом, поскольку объем добычи ограничен объемом ископаемого, который может быть вывезен. При этом технический уровень подъемных машин, и, в частности, систем управления приводными электродвигателями, не соответствует современным требованиям.

В настоящее время, большинство ШПУ оснащены электроприводом постоянного тока, построенным по системе «управляемый выпрямитель — двигатель постоянного тока» либо «генератор — двигатель», синхронным электроприводом, либо асинхронным электроприводом с фазным ротором и роторной станцией (АД ФР). Применение электроприводов на основе АД ФР с роторной станцией обусловлено сохранением в такой схеме перегрузочной способности двигателя на всем диапазоне регулирования скорости. В то же время, такие электроприводы имеют низкий КПД, а регулирование скорости в них осуществляется дискретно с помощью ступеней сопротивлений роторной станции, что ведет к возникновению динамических нагрузок в системе, а также приводит к потерям энергии.

Стоит отметить, что данных недостатков лишены системы электропривода с частотным управлением асинхронными двигателями. Однако применение частотного управления для уже имеющихся асинхронных двигателей, рассчитанных на неизменную частоту питающего напряжения 50 Гц, сопряжено с такими проблемами как ухудшение нагрузочных характеристик на пониженной частоте, потери в магнитопроводе, снижение КПД и коэффициента мощности. Кроме того, для мощных асинхронных двигателей с напряжением на статоре 6 кВ зачастую невозможно подобрать частотный преобразователь, имеющий удовлетворительные технико-экономические показатели.

Существует два основных варианта решения данной проблемы. Первый — замена имеющихся двигателей на асинхронные короткозамкнутые машины, специально предназначенные для систем частотного управления. Данное решение является дорогостоящим из-за стоимости самих специальных двигателей, частотного преобразователя (или нескольких, работающих параллельно), а также с учётом стоимости работ по замене старого двигателя на новый. Более того, оно требует остановки подъемной машины на период модернизации, что не всегда приемлемо. К тому же, уже имеющиеся двигатели зачастую являются уникальными по своим характеристикам и не всегда могут быть заменены серийными специальными машинами.

Второй вариант состоит в использовании уже имеющихся двигателей с фазным ротором с модернизацией системы управления электроприводом. Одним из вариантов подобной модернизации является включение асинхронного двигателя с фазным ротором по схеме машины двойного питания (МДП). При этом, в существующих публикациях рассмотрению данного способа модернизации, изучению свойств МДП при регулировании скорости в большом диапазоне, разработке её математической модели для данного случая и построению системы управления таким электроприводом уделено недостаточно внимания. Таким образом, разработка системы управления электроприводом переменного тока ШПУ на основе МДП является актуальной научной задачей, требующей своего скорейшего решения.

Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

1. Разработана и исследована математическая модель МДП при изменении амплитуды, частоты и фазы добавочного напряжения на роторе.
2. Получен закон, в соответствии с которым должен изменяться фазовый сдвиг напряжения на роторе для обеспечения максимальной жесткости механических характеристик МДП.
3. Предложен и исследован способ увеличения жесткости механических характеристик МДП за счет изменения частоты добавочного напряжения на роторе.
4. Разработан алгоритм работы системы логического управления электроприводом ШПУ, обеспечивающий регулирование скорости в диапазоне не менее 30:1 с сохранением перегрузочной способности МДП за счет управления амплитудой, частотой и фазой добавочного напряжения на роторе.
5. Разработана система автоматического регулирования скорости для электропривода ШПУ на основе МДП, обеспечивающая регулирование скорости МДП с сохранением ее перегрузочной способности за счет переключения между питанием ротора от управляемого преобразователя напряжения с коррекцией частоты и от управляемого преобразователя тока с прямым управлением активной составляющей тока ротора.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов работы подтверждается математическим и физическим моделированием, а также экспериментальными исследованиями в лаборатории автоматизированного электропривода ООО «НИИ АЭМ СибГИУ», проведенными на опытной установке с МДП.

По материалам диссертации сделаны доклады на VI-VIII Всероссийских научно-практических конференциях «Автоматизированный электропривод и промышленная электроника» (2014–2018 гг.); I-III Всероссийских научно-практических конференциях «Энергетика и энергосбережение: теория и практика» (2015–2017 гг.); конференциях «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов (2015–2019 гг.); Международной научно-практической конференции «Математическое и экспериментальное моделирование физических процессов» (2016 г.), X-XII Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» (2015–2019 гг.).

Разработки по материалам диссертации награждены Золотыми медалями выставок «Уголь России и майнинг» (2016, 2017 гг.) и Серебряной медалью выставки «Уголь России и майнинг»-2019 (приложение А); дипломами конкурса научно-технических разработок молодых ученых ФГБОУ ВО СибГИУ (2016, 2018 гг.); дипломом конференции молодых ученых г. Новокузнецка (2018 г.); представлялись на конференции Всероссийского акселератора Generation S-2016.

Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации

Полученная математическая модель МДП при изменении амплитуды, фазы и частоты добавочного напряжения на роторе может быть использована при анализе и синтезе систем управления электроприводом, а также для изучения свойств МДП. Полученные законы изменения фазы, амплитуды и частоты добавочного напряжения, обеспечивающие максимизацию момента машины, могут быть использованы для управления электроприводами на основе МДП. Полученный алгоритм функционирования и структура электропривода ШПУ на основе МДП могут быть использованы при модернизации электроприводов существующих ШПУ и проектировании новых. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе при реализации подготовки обучающихся бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по направлениям 13.03.02, 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, 11.03.04, 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, 13.06.01 Электро- и теплотехника, а также по смежным направлениям.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Дальнейшие исследования электроприводов на основе машины двойного питания могут проводиться в направлении реализации управления реактивной мощностью машины, изучения рекуперации энергии в цепях статора и ротора машины и управления этим процессом.

Общая оценка диссертационной работы (с замечаниями)

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 155 наименований, трех приложений. Общий объем диссертации составляет 143 страницы основного текста, 53 рисунка, 2 страницы списка сокращений и условных обозначений, 15 страниц списка литературы, 7 страниц приложений с 6 рисунками.

По материалам диссертации опубликовано 29 печатных работ, в том числе, 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК, 6 статей в изданиях, индексируемых в базе SCOPUS.

При этом, по автореферату и диссертации имеется ряд замечаний.

1. В работе утверждается, что разработана новая математическая модель машины двойного питания. Но, например, в диссертации Аристова А. В. «Машина двойного питания, как общий случай электродвигателя колебательного движения», решению вопросов построения математической модели машины двойного питания удалено достаточно много внимания. Таким образом, из данной диссертации не совсем понятно, чем же предложенная математическая модель МДП отличается от уже известных.

2. В выводах ко второй главе сказано, что разработанная математическая модель МДП адекватно отражает процессы электромеханического преобразования энергии. Насколько адекватно и адекватно ли вообще, можно сказать только сравнив математическую и физическую модели, исследования которой проводятся в четвертой главе. Не совсем корректно, по результатам работы только математической модели судить о её адекватности.

3. В третьей главе диссертации предложены различные структурные схемы, основанные на линейных блоках с использованием функций комплексного переменного (методами ТАУ). В этом случае было бы логично и интересно провести исследования устойчивости объекта управления (МДП) и системы в целом, реакцию системы на единичный скачок и возмущение в виде дельта функции на входе.

Заключение

Тем не менее, приведенные замечания не снижают научный уровень и практическую ценность рассматриваемой диссертации. Диссертация написана грамотным научно-техническим языком, без орфографических ошибок и опечаток.

Автореферат и опубликованные статьи в полной мере отражают содержание диссертации. Актуальность темы, степень обоснованности выводов и научных положений работы, достоверность и новизна результатов позволяют заключить, что диссертация Поползина Ивана Юрьевича «Автоматизированная система управления электроприводом переменного тока шахтной подъемной установки на основе машины двойного питания», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей важное значение для горнодобывающей промышленности в области шахтного и рудничного подъема. Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Поползин Иван Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Кандидат технических наук,
директор Научно-исследовательского
института автоматики и электромеханики
Томского государственного университета
систем управления и радиоэлектроники
(НИИ АЭМ ТГУСУР)
А. Г. Юдинцев

«24» 07 2020 г.

Учёный секретарь Томского государственного
университета систем управления
и радиоэлектроники (ТГУСУР)
Е. В. Прокопчук



«24» 07 2020 г.

М.П.

Я, Юдинцев Антон Геннадьевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

А. Г. Юдинцев

«21» 07 2020 г.

Россия, 634034, г. Томск,
ул. Белинского, д. 53
Телефон: 8-(3822)-55-61-96, 8-960-973-03-03
E-mail: yag@niiuem.tomsk.ru