В диссертационный совет Д 212.102.01,
на базе ФГБОУ ВПО «Кузбасский
государственный технический
университет им Г.Ф. Горбачева»
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н., Котина Дениса Алексеевича на диссертационную работу Липина Артема Вадимовича «Разработка и исследование трехкоординатного электропривода для манипуляторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

1. Структура и объем диссертации

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет им Г.Ф. Горбачева». Состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, включающего 96 наименований и 3 приложений. Общий объем работы – 166 страниц машинописного текста, который поясняется 101 рисунком и 7 таблицами.

Во введении сформулирована актуальность темы диссертационного исследования. Сформулированы цель, задачи, научная новизна, практическая значимость диссертационной работы.

Первая глава диссертации посвящена подробному обсуждению различных вариантов построения механической части мультикоординатных электромеханических преобразователей (МЭМП). Автором тщательно разбираются преимущества и недостатки существующих на сегодня технических решений. Приведена классификация мультикоординатных устройств, в которой автором работы была выделена своя ниша, на которую в после-

дующих главах и будет ориентировано исследование. Результатом первой главы диссертационной работы – является формулирование требований на научно-техническое исследовании е и разработку.

Вторая глава диссертации посвящена математическому описанию разрабатываемого и исследуемого МЭМП. Рассмотрены электромагнитные процессы в электромагнитах статора, а также выражения для магнитных индукций и сил Ампера по каждой координате движения. Методом моделирования получены графики переходных процессов тока в обмотке каждого электромагнита статора и силы взаимодействия постоянных магнитов ротора при изменении тока электромагнита. Модель электромагнитных процессов дополнена уравнениями движения МЭМП по каждой координате.

В третьей главе разработаны два различных алгоритма управления МЭМП – векторный и дискретный. Представлены блок схемы алгоритмов управления. Выделены преимущества и недостатки подходов, предложены пути оптимизации.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию разработанных алгоритмов управления трехкоординатным электроприводом (ЭП) манипулятора. Представлены трехмерные модели конструкции МЭМП, параметры катушек статора, общий вид ЭП. Также в данной главе диссертационной работы разработана силовая часть преобразователя для питания катушек статора. Представлены схемы электрические принципиальные узла управления, структурная схема контура регулирования тока в катушке, общая структурная схема ЭП. Приведены результаты экспериментальных исследований при работе перемещении рабочего органа МЭМП. Также приведен сравнительный анализ экспериментальных результатов с результатами цифрового моделирования. Даны рекомендации по практическому применению разработанного ЭП.

В заключении представлены основные результаты исследования.

В приложениях содержится материал, дополняющий основные разделы диссертационной работы, а также диплом, подтверждающий научно-инновационный характер проведенного исследования.

По диссертационной работе имеется 7 публикаций в научных изданиях, которые с достаточной полнотой отражают ее содержание и основные результаты исследований, в том числе 3 статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК.

2. Актуальность темы диссертации и ее связь с общественными (государственными) программами

Для успешного развития отечественной промышленности, а также повышения ее технической эффективности, функциональности, оптимизации энергопотребления, требуются новые подходы к проектированию используемого оборудования. Отечественное станкостроение и робототехника требуют коренной модернизации. Необходимость проведения модернизации касается не только конструктивных особенностей механизмов, но и вопросов проектирования силовой части электромеханических преобразователей, электрических преобразователе и систем управления ими.

Многокоординатные ЭП на сегодняшний день зачастую громоздки, энергонеэффективны, сложны в обслуживании и эксплуатации. Прежде всего, указанные недостатки связаны с установкой индивидуального привода на каждую координату устройства. В связи с этим, актуальной является задача разработки одного электромеханического и силового преобразователей для всех координат станка (манипулятора, промышленного робота).

Однако разработка только механической или электрической части ЭП не решит поставленные задачи по повышению эффективности производства. Завершающим этапом становится необходимость разработки эффективных алгоритмов управления процессом.

Все указанные задачи обсуждаются и решаются в диссертационной работе, что делает ее актуальной для современных российских реалий.

3. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Материалы диссертации и автореферата соответствуют специальности 05.09.03 по техническим наукам.

4. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

5. Методы исследования

В основе исследований применены положения теории электромагнитного поля, методы планирования и осуществления эксперимента, аналитические методы расчета систем линейных алгебраических уравнений. Проверка работоспособности разработанных подходов и алгоритмов управления осуществляется методами цифрового моделирования в различных программных пакетах и постановкой эксперимента с использованием языка программирования C/C++, а также компьютерных методов интерактивной отладки и исследования микропроцессорных систем управления.

6. Степень обоснованности и достоверности полученных научных положений

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, и рекомендаций, полученных в диссертации, обусловлена корректным использованием современных методов математического анализа и моделирования. Корректностью принятых допущений при постановке задач исследования. Подтверждена обсуждением результатов исследований на 3-х всероссийских научно-технических конференциях, а также участием и победе автора во всероссийском научно-инновационном конкурсе.

Достоверность представленных в диссертационной работе научных положений выводов подтверждается путем компьютерного моделирования и экспериментального исследования разработанного ЭП. Степень обоснованности и достоверности высокая.

7. Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций

На основе анализа, систематизации и обобщения научных достижений в таких областях как теория автоматического управления, теория электромагнитного поля, силовая и промышленная электроника сформирован новый инженерный подход к решению задачи проектирования трехкоординаных ЭП промышленных манипуляторов, который характеризуется следующими основными результатами.

1. Предложен подход к математическому описанию электромагнитных процессов, протекающих в мультикоординатном электромеханическом преобразователе (МЭМП), отличающийся переходом от трехмерной системы координат к двухмерной.

2. Получены зависимости сил взаимодействия постоянных магнитов и электромагнитов статора от их конфигурации.

3. Получены оригинальные алгоритмы управления перемещением ротора МЭМП по заданной траектории.

Следует отметить, что полученные результаты являются новыми.

8. Ценность результатов исследования для науки и практики

1. Предложена и обоснована оригинальная конструкция мультикоординатного электромеханического преобразователя (МЭМП), отличающегося способом распределения постоянных магнитов на поверхности ротора, создан функциональный прототип.

2. Предложенные подходы к математическому описанию электромеханических процессов в МЭМП, а также алгоритмы перемещения ротора МЭМП могут быть использованы для синтеза и настройки систем управ-

ления изменением положения исполнительного органа, приводимого в движение МЭМП.

3. Разработан прототип многокоординатного электромеханического преобразователя, подтвердивший перспективность проводимых научных исследований и практическую значимость разработок.

Полученные научные результаты могут быть использованы как основа для дальнейших исследований при создании и совершенствовании электроприводов исполнительных органов робототехнических установок. Научный и практический уровень диссертации характеризуется как высокий.

9. Дискуссионные положения и замечания по диссертации и автореферату:

9.1. Требования и параметры разрабатываемого трехкоординатного электропривода (ЭП) – мощность, момент, скорость и т.д., выглядят не вполне обоснованными. Необходимо дать более подробные пояснения к выбору указанных значений.

9.2. В разделе 2.3 приведены результаты моделирования электромагнитных процессов в катушках электромагнитов статора. Согласно дифференциальным уравнениям и структурной схеме электромагнитные процессы в катушках идентичны. Однако на осциллограммах только ток первой катушки носит пульсирующий характер. Необходимо дать пояснения о природе этих пульсаций, как они сказываются на результирующей магнитной силе и, в конечном счете, развиваемом ЭП моменте.

9.3. В разделе 3.2 диссертационной работы приведены две блок схемы разработанных алгоритмов управления ЭП. Каждая из них выбирает (рассчитывает) траекторию эффективных перемещений. По какому критерию определяется эффективность выбранной траектории, и будет ли эта траектория единственно эффективной для перемещения из одной произвольной точки – начальной в другую произвольную точку – конечную.

9.4. В разделе 4.3 приведена структурная схема релейного контура регулирования тока в катушке электромагнита. Предложены соображения по

выбору частоты коммутации релейного регулятора, но ничего не сказано о выборе ширины его зоны нечувствительности (гистерезиса).

9.5. Необходимо дать более подробные пояснения по экспериментальным результатам исследования:

— система измерения тока в катушке электромагнита представляет собой шунт с внутренним сопротивлением 0,3 Ом, при этом сама катушка имеет активное сопротивление 3 Ом. Не будет ли вносить внутреннее сопротивление шунта искажений в процесс регулирования тока;

— анализируя конструктивные особенности ЭП, напрашивается заключение о сложности электрического монтажа силового преобразователя и МЭМП. Существуют ли какие-то пути по облегчению конструкции ЭП и повышению его ремонтопригодности и технического обслуживания;

— в результате исследования, на мой взгляд, был получен довольно низкий коэффициент полезного действия ЭП – 12%, также имеются погрешности в точности отработки перемещений. Необходимо дать рекомендации к улучшению эксплуатационных характеристик системы.

Отмеченные недостатки не снижают высокую оценку выполненных исследований.

10. Соответствие диссертации требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. №842

Диссертация является научно-квалификационной работой, написанной единолично, в которой содержится решение научно-технической задачи по разработке исполнительной, силовой, управляющей части трехкоординатного электропривода манипулятора, за счет авторских оригинальных конструктивных решений электромеханического преобразователя энергии, алгоритмических решений по построению системы управления им, содержит совокупность выносимых автором на защиту новых научных результатов и положений, имеющих существенное значение для развития страны. Основные научные результаты диссертации опубликованы в соответствии

с требованиями ВАК РФ, доложены и обсуждены на конференциях всероссийского уровня. Заимствованного материала без ссылок на автора и первоисточники не обнаружено.

Диссертация имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Работа соответствует пунктам 9-14 указанного положения.

11. Общее заключение

Представленная диссертационная работа А.В. Липина является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная задача отраслевого значения – разработаны и практически применены новые подходы к проектированию систем электропривода трехкоординатными манипуляторами, позволяющие повысить эффективность отечественных отраслей производства – станкостроения, робототехники.

Основные научные выводы и практические рекомендации сделаны на основе глубокого анализа физических процессов электромеханического преобразования энергии, а также рационального построения силовой части и системы управления силовым статическим преобразователем. В этой связи содержание представляемой работы полностью соответствует паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Содержание диссертации соответствует ее названию и поставленным задачам. Результаты исследований представлены в общепринятой для таких работ форме: графиков, осциллограмм и таблиц. Основные выводы и заключение сформулированы достаточно полно и отражают суть полученных результатов исследований.

Основные научные результаты диссертации достаточно широко опубликованы. По диссертации имеется 7 публикаций в научных изданиях, в

том числе 3 статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК. Результаты доложены и обсуждены на конференциях всероссийского уровня и с этих позиций соответствуют требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертация полностью соответствует требованиям «**Положения о порядке присуждения ученых степеней**», предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Выполненные исследования оцениваются как высокие. Липин Артем Вадимович является сформировавшимся ученым и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент:
кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Электропривода и автоматизации промышленных установок», ФГБОУ ВО Новосибирского государственного технического университета,
тел. (383) 346-15-68,
Адрес: 630073, г. Новосибирск,
пр-т К. Маркса, 20, корпус № 2,
аудитория 2-223б
E-mail: d.kotin@corp.nstu.ru

Котин Денис Алексеевич

Подпись Котина Дениса Алексеевича
заверяю: нач ОК НГТУ [illegible]
11.06.2015