

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию 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»

Диссертационная работа А.В. Липина состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Материал диссертации изложен на 166 страницах текста, содержит 101 рисунок, 7 таблиц и список литературы, включающий 96 наименований.

По теме работы опубликовано 7 печатных работ, включая 3 работы, опубликованных в изданиях, которые рекомендованы ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук. Основные положения и результаты работы были доложены на всероссийских научных конференциях.

Содержание автореферата отражает основные положения и научные результаты диссертации. Используемая терминология, стиль изложения и оформление диссертационной работы соответствуют общепринятым нормам в научно-технической литературе.

Актуальность работы. Современный этап развития электромеханических преобразователей робототехники характеризуется интенсивным поиском путей создания эффективных манипуляторов, способных реализовать сложное движение исполнительного органа. В настоящее время подобные манипуляторы создаются на основе классических сервоприводов, что, вследствие их большого количества приводит к излишней сложности конструкции, как с позиции механики, так и с позиции системы управления. Решение задачи совмещения нескольких приводов в одном, сравнительно малом узле, можно отнести к задачам малоизученным.

Для создания такого рода манипуляторов, в диссертационной работе А.В. Липина предлагается использовать трехкоординатный электропривод на основе сферического электромеханического преобразователя с постоянными магнитами, траектория движения которого имитирует траекторию шаровидного сустава.

Таким образом, решаемая в диссертационной работе задача по разработке трехкоординатного электропривода интересна как с практической, так и с научной точки зрения, а тема диссертационной работы является, несомненно, актуальной.

Содержание работы. В первой главе изложено состояние вопроса, формулируется актуальность и обозначается направление проведения исследований. Приводится обзор существующих в мире разработок в области мультикоординатных электроприводов, как доведенных до опытных образцов, так и возможных теоретических предложений. Наиболее проработанные идеи сравниваются и анализируются. На основании проведенного анализа поставлена цель работы и определены задачи исследований.

Во второй главе определяется конструкция мультикоординатного электромеханического преобразователя (МЭМП), в соответствии с которой создается математическое описание, позволяющее рассчитать полезный момент. Создание математического описания разделено на два этапа. На первом этапе, в соответствии с законом Био-Савара-Лапласа, получены формулы расчета магнитной индукции, создаваемой катушкой с прямоугольным профилем в произвольной точке пространства. На втором этапе получены формулы, позволяющие определить токи электромагнитов статора в процессе функционирования МЭМП, и установить связь силы взаимодействия постоянных магнитов ротора и электромагнитов статора. Оценка адекватности математической модели так же проведена поэтапно и составила 8% для расчета магнитной индукции и 10% для расчета тока электромагнита.

В третьей главе, для решения задачи управления МЭМП, приводится описание двух разработанных алгоритмов управления, векторного и дискретного. Векторный алгоритм управления предполагает формирование требуемого вектора результирующей силы, действующей на полюса ротора со стороны электромагнитов статора, попадающих в зону эффективного взаимодействия, путем изменения значения тока, протекающего через них. Дискретный же алгоритм не предполагает изменения уровня тока электромагнитов, и формирует результирующий вектор при их дискретном включении и отключении. Данные алгоритмы позволяют реализовать как замкнутую систему управления, так и разомкнутую, без датчика положения ротора. Так же рассмотрены способы оптимизации предложенных алгоритмов управления по критерию быстродействия, при помощи использования в них ряда классических поисковых алгоритмов.

В четвертой главе подробно описывается создание опытного образца трехкоординатного электропривода, излагаются результаты проведенных экспериментальных исследований и их сопоставление с результатами компьютерного моделирования. В частности, в процессе совершении единичного шага трехкоординатным электроприводом разница между результатами моделирования и экспериментальными, полученными на опытном образце не превысила 11% от задания позиционирования. В первой части главы приводятся модели составных элементов МЭМП, характеристики изготовленных электромагнитов, таблиц координат, описывающих их положение на статоре. В главе описан выбранный принцип регулирования тока в электромагнитах, разработанные электрические схемы силового преобразователя.

Получены зависимости изменения координат ротора, угловых скоростей, моментов и мощности от времени, по результатам моделирования получена зависимость КПД от мощности электропривода.

Содержание работы отражает все научные положения, выносимые на защиту.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным применением математических методов и моделей, адекватность которых реальным процессам подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, а также согласованностью результатов компьютерного моделирования исследуемых процессов с экспериментальными данными. Положительные результаты, полученные при проведении испытаний опытного образца, подтверждают обоснованность предложенных методик, научных положений, выводов и технических решений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Предложен способ создания эффективных манипуляторов и механизмов ориентации рабочего органа на основе нового типа электромеханического преобразователя.
2. Предложена и обоснована оригинальная конструкция мультикоординатного электромеханического преобразователя.
3. Разработаны алгоритмы управления мультикоординатным электромеханическим преобразователем предложенной конструкции.

Практическое значение работы заключается в получении обоснованного подхода к созданию трехкоординатного электропривода на базе сферического мультикоординатного электромеханического перобразователя с постоянными магнитами на шаровидном роторе. Математическое описание и алгоритмы управления могут послужить основой для дальнейших исследований по данному направлению, а полученные теоретические результаты и опытный образец могут быть использованы в образовательном процессе, при обучении студентов профиля подготовки «Электропривод и автоматика», по ряду дисциплин, таких как теория электропривода, преобразовательная и микропроцессорная техника.

Замечания по диссертационной работе.

1. Первая глава перегружена материалами литературного обзора работ, имеющих к тематике данной диссертации лишь косвенное отношение.
2. Раздел 2.1.2, посвященный выводу выражений для вычисления магнитной индукции в произвольной точке пространства, изложен лаконично в ущерб подробному анализу полученных результатов.
3. В работе рассматривается один из возможных путей создания вращающегося в пространстве магнитного поля статора большим количеством статорных обмоток, каждая из которых питается напряжением с выхода мостового инвертора. Такое решение известно из работ Семенова В.Д. в приложении к созданию вращающего магнитного поля в горизонтальной плоскости (торцевая электрическая машина). На мой взгляд, это очень сложное, дорогостоящее решение. Будем надеяться, что в последующих исследованиях Липин А.В. рассмотрит и более экономичные варианты.
4. Не рассмотрены вопросы энергетики, поскольку коэффициент полезного действия в 12-25% не отвечает современным представлениям о эффективности электромеханических и полупроводниковых преобразователей.
5. В четвертой главе работы хотелось бы видеть данные о развиваемом моменте, полученные экспериментальным путем, для сравнения с результатами моделирования.
6. В тексте диссертационной работы присутствуют опечатки и стилистические неточности.

Заключение. В целом, работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное научное исследование, в результате которого решена актуальная проблема. Отмеченные недостатки не снижают ценности работы для науки и практики.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа «Разработка и исследование трехкоординатного электропривода для манипуляторов»

соответствует критериям ВАК РФ, установленным положением о присуждении ученых степеней для кандидатских диссертаций, а ее автор, Липин Артем Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Доктор технических наук, профессор

Геннадий Яковлевич

Михальченко

Шифр и наименование специальности: 05.09.12 – Силовая электроника.

Наименование организации: ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Должность: профессор кафедры промышленной электроники.

Адрес организации: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.

Адрес электронной почты: kpe-tusur@yandex.ru

Тел: +7(3822) 41-32-32

Подпись Михальченко Г.Я. заверяю

The circular seal contains the following text:
 УЧЕБНО-научное УЧРЕЖДЕНИЕ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
 УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ГУСУР)
 УЧЕБНО-научное УЧРЕЖДЕНИЕ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ГУСУР)
 УЧЕБНО-научное УЧРЕЖДЕНИЕ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ГУСУР)

08 июня 2015г.