

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»

№ госрегистрации 114102740055



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

А.Н. Гуда

23 июня 2015г.

ОТЧЕТ

О ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Разработка для транспортных систем тягового вентильно-индукторного привода с пониженным уровнем вибраций и шума

по теме:

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО

ЭЛЕКТРОПРИВОДА

(промежуточный)

Этап 2

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы»

Соглашение о предоставлении субсидии от 19 июня 2014 г. № 14.604.21.0040

Научный руководитель,

д-р техн. наук, проф.

А. Д. Петрушин

Ростов-на-Дону 2015

РЕФЕРАТ

Отчет: 31 с., 10 рис., 12 источников.

ТРАНСПОРТ, ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЙ ПРИВОД, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, УРОВЕНЬ ШУМА, РАДИАЛЬНЫЕ СИЛЫ, ВИБРАЦИЯ,

Объектом исследования является тяговый вентильно-индукторный электропривод для транспортных систем.

Цель работы – повышение эксплуатационных свойств вентильно-индукторных тяговых электроприводов путем снижения уровня вибраций, шума и повышения износостойкости подшипниковых узлов, а также эксплуатационной надежности привода в целом.

Методы проведения ПНИ

Поставленные в ПНИ на втором этапе задачи разработки конструкторской документации решены с использованием графических пакетов прикладных программ. Изготовление магнитопровода вентильно-индукторной электрической машины осуществлено методом электроэрозионной резки на специализированном станке. Корпусные детали изготовлены на металлообрабатывающем оборудовании.

Полученные результаты ПНИ

В процессе работы на втором этапе разработаны следующие виды технической документации:

- конструкторская документация на оснастку для сборки экспериментального образца вентильно-индукторной электрической машины;
- эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец вентильно-индукторной электрической машины;
- эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец полупроводникового преобразователя с микропроцессорной системой управления;
- техническая документация на стенд для испытаний вентильно-индукторного электропривода по заданным присоединительным размерам электрической машины, включая средства контроля, защиты и визуализации результатов экспериментальных исследований.

Изготовлено испытательное оборудование:

- экспериментальный образец вентильно-индукторной электрической машины, включая оснастку для сборки;
- экспериментальный образец вентильно-индукторного электропривода;

- стенд для испытаний экспериментального образца вентильно-индукторного электропривода.

Проведены следующие мероприятия по демонстрации и популяризации результатов проекта:

- выставка, посвященная Дню Науки с представлением первых результатов научно-исследовательских работ и публикацией в газете «Магистраль»;
- участие в XVIII Донском образовательном фестивале "Образование. Карьера. Бизнес" с представлением результатов сборки преобразователя с микропроцессорной системой управления.
- выставка, проходившая на Молодежном инновационном конвенте Ростовской области в 2015 году с представлением результатов сборки элементов вентильно-индукторного электропривода.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики объектов разработок по проекту

Экспериментальный образец вентильно-индукторной электрической машины (ВИМ) выполнен исходя из требований к пониженному уровню шума. ВИМ содержит по отношению к асинхронному короткозамкнутому двигателю (АД) меньшее количество материалов в активной части: обмоточной меди - на 17%, изоляционных материалов - на 17%, электротехнической стали на 5%, а также имеет расчетный КПД выше на 2% по отношению к АД (при равных показателях мощности и электромагнитного момента), имеет перегрузочную способность выше на 40%.

Отличительной особенностью ВИМ является конфигурация зубцовой зоны, обеспечивающая прохождение магнитного потока по более короткому пути, чем у наиболее распространенных ВИМ. Магнитная система выполнена таким образом, чтобы группы катушек одной фазы, создающих при протекании тока в них разнонаправленные радиальные усилия, были независимы друг от друга в магнитном отношении. Это позволит при независимом управлении группами катушек фазы компенсировать неуравновешенные радиальные усилия, снижать шум и вибрацию ВИМ.

Эксплуатационные характеристики ВИМ:

Номинальная мощность: от 1 кВт.

Номинальная частота вращения 3000 об/мин.

Диапазон частот вращения вала: от 10 об/мин до 3000 об/мин.

Тип датчика положения ротора: оптоэлектронный

Точность определения углов включения и отключения: 1 град.

Направление вращения вала: реверсивный.

Диапазон рабочих температур: от 0 до 40°C.

Класс изоляции F.

Степень защиты IP44.

Для сборки ВИМ использована оснастка, которая включает в себя: оправку для сборки листов статора; оправку для сборки листов ротора; приспособление для опрессовки и сборки листов статора и ротора. Оправки обеспечивают минимальное смещение листов относительно друг друга, чтобы не уменьшить площадь паза. Смещение определяется допуском в 0,05 мм. Приспособление для опрессовки и сборки магнитопроводов статора и ротора обеспечивает коэффициент заполнения сердечника сталью не меньше 0,91 для лакированных пластин за счет создания необходимой степени сжатия пластин

ВИМ входит в состав стенда для испытаний. Измерительное оборудование и приборы позволяют определять параметры и характеристики вентильно-индукторной машины, указанные в Техническом задании с требуемой точностью. Поскольку вентильно-индукторная электрическая машина при своей работе создает пульсирующий вращающий момент, то для его измерения применено прецизионное измерительное оборудование М20С-5К с компенсационными муфтами МК-5.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Разработка конструкторской документации на оснастку для сборки экспериментального образца вентильно-индукторной электрической машины	12
2 Разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальный образец вентильно-индукторной электрической машины	14
3 Разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальный образец полупроводникового преобразователя с микропроцессорной системой управления.....	16
4 Изготовление экспериментального образца вентильно-индукторной электрической машины, включая оснастку для сборки	18
5 Изготовление экспериментального образца вентильно-индукторного электропривода	20
6 Проведение мероприятий по демонстрации и популяризации результатов проекта	22
7 Разработка технической документации на стенд для испытаний вентильно-индукторного электропривода по заданным присоединительным размерам электрической машины, включая средства контроля, защиты и визуализации результатов экспериментальных исследований	25
8 Изготовление стенда для испытаний экспериментального образца вентильно-индукторного электропривода.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	31

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем отчете о ПНИ применены следующие обозначения и сокращения:

ВИД	Вентильно-индукторный двигатель
ВИМ	Вентильно-индукторная электрическая машина
ВИП	Вентильно-индукторный привод
ПНИ	Прикладные научные исследования
ТЭД	Тяговый электрический двигатель

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния научно-технической проблемы, на решение которой направлен проект

Современные транспортные средства должны обладать высокой надежностью, энергоэффективностью и при этом немаловажным фактором является комфорт для пассажиров и персонала. Ведущие мировые ученые отмечают, что технологии, основной тенденцией которых было «больше, быстрее, выше» сегодня сменились новыми технологиями, тенденцией которых стало «лучше, безопаснее, тише».

Одним из основных направлений улучшения эксплуатационных показателей транспортных систем является применение бесколлекторного тягового привода. В настоящее время все большее распространение в нашей стране получает тяговый привод с асинхронными двигателями. Однако поиск более совершенного двигателя для транспортных систем продолжается. Хорошими перспективами обладает ВИД – самый простой по конструкции среди ближайших конкурентов.

Теория ВИД и привода на его основе интенсивно развивается, благодаря этому по основным технико-экономическим показателям ВИД встал в один ряд с лучшими образцами традиционных электрических машин с круговым полем в воздушном зазоре.

Данным направлением занимались многие отраслевые научные школы нашей страны: Южно-Российский государственный политехнический университета (ЮРГПУ), ОАО «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт электровозостроения» (ОАО «ВЭЛНИИ»), Московский энергетический институт (технический университет) (МЭИ), Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС) и др.

В промышленно развитых странах также отмечается повышенный интерес к электроприводам этого типа. Разработкой и внедрением их занимаются ведущие зарубежные электротехнические фирмы, такие как General Electric Co., Oulton (UK), Emerson Electric, TRW, DANA (USA) и многие другие.

ВИД присущи признаки, выгодно отличающие его от других электрических двигателей, используемых для транспортных систем: отсутствие какой-либо обмотки на роторе, наличие на статоре обмотки сосредоточенного типа, для своей эффективной работы ВИД не нуждается в круговом вращающемся магнитном поле.

Однако есть и недостатки. Один из наиболее существенных недостатков – наличие значительных периодических сил, действующих на подшипниковый узел (ПУ) и приводящих к износу подшипников и посадочных мест в подшипниковых щитах. Это снижает ресурс работы тягового двигателя, порождает вибрацию, шум. Такие особенности работы ВИД исследованы недостаточно и в научно-технической литературе встречаются редко.

ВИД, как и любой другой электродвигатель, имеет эксцентриситет воздушного зазора e , обусловленный причинами технологического и эксплуатационного характера. Так причиной возникновения эксцентриситета служат: объективно существующие допуски на изготовление деталей ВИД, возможные погрешности сборки машины, прогиб вала ротора, износ в процессе эксплуатации ПУ и др.

Вследствие наличия эксцентриситета в ВИД возникают силы различной физической природы. К ним относятся силы одностороннего электромагнитного притяжения (ОЭМП) и механические силы, возникающие при дисбалансе. При расчете результирующей силы необходимо учесть и силу весовой нагрузки ротора.

Обоснование актуальности и новизны темы

Актуальность ПНИ определяется необходимостью перехода на новый качественный уровень характеристик транспортных систем, путем использования ТЭД вентильно-индукторного типа, обеспечив им конкурентные преимущества перед асинхронными тяговыми приводами путем снижения уровня вибраций, шума и повышения износостойкости подшипниковых узлов и эксплуатационной надежности привода в целом. Это позволит обеспечить возможность создания транспортных систем с высокой конкурентоспособностью на мировом уровне.

Результаты исследования приобретают особую актуальность при решении проблемы создания надежных и малозумных тяговых ВИП высокоскоростного транспорта. Также в качестве конечного продукта рассматриваются тяговые крановые приводы, приводы лифтов и других транспортных механизмов.

Новизна ПНИ заключается в разработке математической модели, алгоритма расчета и программного обеспечения, необходимых для обоснования предложенного технического решения по снижению вибраций, шума и повышения износостойкости подшипниковых узлов.

В качестве основного средства решения поставленных задач обладающего новизной рассматривается управляющее воздействие со стороны системы управления в сочетании с конструктивными изменениями вентильно-индукторной машины.

Исходные данные и научно-технические заделы, используемые для выполнения проекта

Исходными данными к ПНИ являются конструктивные решения электрических машин транспортного исполнения, отражающие современный научно-технический уровень. Коллектив исполнителей имеет научно-технический задел, представленный в виде патентов и публикаций, который используется для выполнения проекта.

Основанием для проведения ПНИ в рамках мероприятия 1.2 приоритетного направления «Транспортные и космические системы» федеральной целевой программы

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2017 годы», является Соглашение о предоставлении субсидии от 19 июня 2014 г. № 14.604.21.0040., Дополнительное соглашение №1.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработок, выполняемых по проекту.

Научно-технический уровень разработок, выполняемых по проекту, определяется:

- математической моделью ВИП, учитывающей возникающее силовое взаимодействие статора и ротора в радиальном направлении, разработанной на основе анализа влияния радиального взаимодействия статора и ротора ВИМ на ее надежность и уровень шума и вибрации;

- методикой проектирования малозумных ВИП высокоскоростных транспортных систем, а также транспортных систем промышленного и бытового назначения, позволяющей снизить технологические затраты.

- алгоритмом управления ВИП, направленный на решение задачи снижения уровня силового радиального взаимодействия статора и ротора (не менее чем в два раза в номинальном режиме работы), учитывающим возможный дисбаланс ротора и особенности электроприводов транспортного исполнения.

Сведения о выполненных патентных исследованиях и выводы из них

В связи с оформлением заявки на изобретение были выполнены дополнительные патентные исследования на патентоспособность, найдены аналоги и прототип, подтверждена новизна предлагаемого технического решения.

Цели и задачи отчетного этапа ПНИ и их место в выполнении проекта в целом

Целью отчетного этапа ПНИ является разработка технической документации и изготовление испытательного оборудования.

Задачи отчетного этапа:

- разработка конструкторской документации на оснастку для сборки экспериментального образца вентильно-индукторной электрической машины;

- разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальный образец вентильно-индукторной электрической машины;

- разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальный образец полупроводникового преобразователя с микропроцессорной системой управления;

- изготовление экспериментального образца вентильно-индукторной электрической машины, включая оснастку для сборки;

- изготовление экспериментального образца вентильно-индукторного электропривода;

- проведение мероприятий по демонстрации и популяризации результатов проекта;

- разработка технической документации на стенд для испытаний вентильно-индукторного электропривода по заданным присоединительным размерам электрической машины, включая средства контроля, защиты и визуализации результатов экспериментальных исследований;

- изготовление стенда для испытаний экспериментального образца вентильно-индукторного электропривода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **ГОСТ ИСО 1940-1-2007.** Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса. – Введ. 2008 – 01 – 25. – М.: Стандартиформ, 2008. – 27 с.
- 2 **ГОСТ 31296.1-2005.** Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки. – Введ. 2007 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 19 с.
- 3 **ГОСТ 17187-81.** Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 1982 – 01 – 07. Издательство стандартов – 25 с.
- 4 **ГОСТ 8.417-81.** Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования и нормы.
- 5 **ГОСТ 8.002-86.** Государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений. Основные положения.
- 6 **ГОСТ 27408-87.** Шум. Методы статистической обработки результатов определения уровня шума, излучаемого машинами. – Введ. 1988 – 01 – 01. Издательство стандартов – 18 с.
- 7 **ГОСТ 30457-97.** Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума на основе интенсивности звука. Измерение в дискретных точках. Технический метод. – Введ. 1999 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ. – 12 с.
- 8 **ГОСТ 12.1.023-80.** Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин. – Введ. 1980 – 01 – 01. Издательство стандартов – 8 с.
- 9 **ГОСТ 11929-87.** Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. Определение уровня шума. – Введ. 1988 – 01 – 01. Издательство стандартов – 34 с.
- 10 **ГОСТ Р 53148-2008.** (МЭК 60034-9:2003) Машины электрические вращающиеся. Предельные уровни шума. – Введ. 2010 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
- 11 **ГОСТ 23941-2002.** Методы определения шумовых характеристик. – Введ. 2003 – 01 – 01. – ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
- 12 **ГОСТ 31328-2006.** Шум. Руководство по снижению шума глушителями. – Введ. 2007 – 04 – 01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 38 с.