

В диссертационный совет Д 212.298.05
при федеральном государственном автономном
образовательном учреждении высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
454080, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора

Петрушина Александра Дмитриевича

на диссертационную работу Чернышева Алексея Дмитриевича

«Автономная энергетическая установка на базе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы работы

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной проблеме совершенствования автономных энергетических установок (АЭУ) транспортных средств. Создание новых, более совершенных АЭУ обусловлена возрастающими к ним требованиями и расширением сферы их применения, в том числе в составе электромеханических трансмиссий специальных транспортных средств.

Рациональные технические решения предполагают разработку всего электротехнического комплекса: электрической машины, электронного силового коммутатора и контроллера управления для достижения высоких технико-экономических показателей. При этом любая новая система порождает новую область для исследований и анализа. Автором диссертационной работы было предложено новое техническое решение вентильно-индукторного генератора с конденсаторным возбуждением (ВИГ КВ), включающее новую конструкцию электрической машины и новую схемотехнику. Новизна ВИГ КВ подтверждена наличием у автора патента на изобретение Российской Федерации. В основной части диссертационной работы разработаны математическая и имитационная модели, выполнен расчет и анализ электромеханических и электромагнитных процессов, разработан алгоритм управления ВИГ КВ.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа Чернышева Алексея Дмитриевича состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (159 наименований) и 7 приложений. Диссертация изложена на 216 страницах текста формата А4, включает 105 рисунков и 23 таблицы.

Во введении обоснована актуальность работы, определены объект и цель исследования, сформулированы решаемые задачи, изложены научная новизна, практическая значимость работы, отражены научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены общие вопросы по использованию электромеханических трансмиссий и АЭУ, как одного из ее ключевых компонентов. Представ-

лена классификация основных электромеханических преобразователей энергии, применяемых в составе АЭУ, описаны способы управления. Показана возможность создания новых АЭУ с улучшенными технико-экономическими показателями. Приведена концепция построения новой АЭУ на основе ВИГ КВ, указаны преимущества и недостатки представленного технического решения.

Во второй главе изложен принцип работы ВИГ КВ на основе трехфазной системы. Подробно описан процесс коммутации основной обмотки и процесс возбуждения с помощью дополнительной обмотки. Представлено математическое описание протекающих в системе электромеханических и электромагнитных процессов с помощью систем дифференциальных уравнений для отдельных периодов работы (тактов коммутации). Рассчитаны энергетические характеристики ВИГ КВ.

В третьей главе даны рекомендации по проектированию элементов конструкции электрической машины, даны выражения для предварительного расчета мощности АЭУ, емкости конденсатора цепи первоначального возбуждения, основных параметров компонентов цепи возбуждения ВИГ КВ. Предложена компьютерная имитационная модель ВИГ КВ в программно-вычислительном комплексе ANSYS. Приведены результаты расчетов с помощью разработанной модели. Представлен анализ полученных результатов. Разработано четыре способа управления цепью возбуждения и определен наилучший, который позволяет получить высокие энергетические показатели.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований на базе испытательного стенда с разработанным и изготовленным опытным образцом ВИГ КВ. Результаты экспериментов были сопоставлены с результатами теоретических исследований и расчетов, показавшие удовлетворительную сходимость.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационного исследования.

Приложения содержат вспомогательные результаты проведенных исследований и разработок, акт внедрения результатов работы и патенты на изобретения ВИГ КВ.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в диссертации, выводов по результатам проделанной научно-исследовательской работы подтверждаются корректностью имитационного моделирования физических процессов в элементах ВИГ КВ, проведенных в программно-вычислительном комплексе ANSYS. Результаты расчета физических процессов и работоспособность алгоритмов управления, изложенных в работе, подтверждены результатами экспериментальных исследований, полученными на опытном образце.

Научная новизна и теоретическая значимость работы

Дан анализ физических принципов работы новой конструкции ВИГ КВ, предложенной автором диссертации. Определены возможности нового подкласса ВИГ без использования датчика положения ротора.

Разработано математическое описание электромагнитных процессов в АЭУ, используя которое была предложена инженерная методика проектирования ВИГ КВ.

Предложены математическая и имитационная модели, с помощью которых были разработаны способы управления током возбуждения ВИГ КВ, позволяющие получить высокие энергетические показатели.

Практическая значимость работы

Результаты теоретических и экспериментальных исследований диссертационной работы могут быть использованы специалистами в области проектирования АЭУ транспортных средств. Результаты исследований уже нашли применение в составе электромеханических трансмиссий специальной техники совместного производства ООО НПП «Резонанс» и ООО «Зауральский машиностроительный завод», что подтверждается актом об использовании результатов диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях и конкурсах инновационной деятельности.

Основное содержание работы опубликовано в 13 печатных трудах, в том числе в 4-х статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в 4-х статьях в изданиях, индексируемых в международной системе цитирования Scopus, а также в 2 патентах на изобретение Российской Федерации. В полном объеме работа докладывалась и обсуждалась на расширенном заседании кафедры «Летательные аппараты» ФГАОУ «ЮУрГУ (НИУ)» и совещании конструкторского бюро электропривода ООО НПП «Резонанс».

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации соискателя.

Диссертационное исследование Чернышева А.Д. соответствует паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

По диссертации имеются следующие замечания и дискуссионные положения:

1. Стр. 25. «Высококоэрцитивные магниты сложны в изготовлении, имеют высокую стоимость, имеют собственные потери и накладывают ограничение по рабочей температуре [41, 42]». Не ясно, о каких собственных потерях идет речь в этом предложении.

2. Стр. 31. К недостаткам ВИГ «классического исполнения» автор относит большее, чем в асинхронных электрических машинах количество силовых кабелей. Это существенно лишь при больших расстояниях между генератором и преобразователем. Для электромеханической трансмиссии это не существенно. Удвоенное количество силовых кабелей питания по отношению к асинхронным машинам, а также и ВИГ КВ дает возможность организовать независимое возбуждение фаз ВИГ, что повышает живучесть транспортного средства при выходе из строя одной из фаз. А это уже существенно для транспортного средства.

Также к недостаткам ВИГ «классического исполнения» автор относит «необходимость минимально возможного воздушного зазора». Действительно это способствует увеличению шума, но в уменьшении зазора до технологических ограничений есть и преимущество: увеличивается КПД и перегрузочная способность, в то время как асинхронная машина такой возможности не имеет из-за роста пульсационных потерь при малых зазорах.

3. Стр. 36. К недостаткам предложенного нового технического решения ВИГ КВ следует отнести и дополнительную обмотку. Пусть она небольшая, но требует места (около 10%, судя по примеру расчета стр. 95), что уменьшает место под основную обмотку. Дополнительная обмотка требует управления при токах меньше половины номинального (стр. 104).

4. Стр. 43. Предложение: «Полное перекрытие зубцов статора и ротора достигается еще до их согласованного положения, что обусловлено разной длиной дуги полюса статора и ротора» представлено без объяснения, почему дуги разные. Также нет обоснования, для чего сделан скос зубцов на статоре и роторе на 5 градусов.

5. Стр.121-122, табл. 3.4. Требуется пояснения, как определялись потери в меди. Например, для первой колонки таблицы: ток якорной обмотки 201А, активное сопротивление якорной обмотки 0,062 Ом (стр.95) получается для трехфазной системы 7,5 кВт (и это без учета потерь в дополнительной обмотке), а не 5,8 кВт как указано в таблице.

6. Стр. 135. При экспериментальных исследованиях два измерения между нулевыми значениями момента (половина периода) при снятии статической характеристики недостаточно, чтобы сделать вывод о том, что: «была установлена высокая качественная сходимость результатов, полученных в ходе эксперимента и на основе компьютерной модели».

7. В диссертации изложена «Инженерная методика проектирования вентильно-индукторного генератора конденсаторным возбуждением» (стр. 77). Однако важнейшей составляющей инженерных методик проектирования электромеханических преобразователей являются тепловые расчеты, которые в диссертации отсутствуют. Менее развитая поверхность охлаждения катушек ВИГ по сравнению с АД делает его более уязвимым в тепловом отношении (по данным [154 стр.443] - номер источника из списка рецензируемой диссертации).

8. В работе отсутствует исследование вопроса электромагнитной совместимости. Электромагнитные процессы, возникающие при коммутации силовых полупроводниковых элементов, могут значительно влиять на работу других устройств в составе электромеханической трансмиссии.

9. Имеется ряд замечаний редакционного характера, включая ошибки орфографии и опечатки: стр. 32 строки 20 и 24, стр. 36 строка 6, стр. 36 строка 21, стр. 36 строка 23, стр. 36 строка 18, а также ошибки пунктуации.

Стр. 159 выражение «среднее отличие между вычислениями с помощью конечно-элементной модели и экспериментальными исследованиями менее 3%» мало информативно. Обычно указывают, что такой-то расчетный параметр имеет расхождение с экспериментальными данными не более такого-то значения.

Стр. 19 «...и ценного фактора» - меняет смысл предложения.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

Заключение

В целом, по результатам рассмотрения диссертационной работы А.Д. Чернышева «Автономная энергетическая установка на базе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением» считаю, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обос-

