ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.05, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №_____

решение диссертационного совета от 26 ноября 2021 г. №15

О присуждении Чернышеву Алексею Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автономная энергетическая установка на базе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 13 сентября 2021 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом Д 212.298.05, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76; приказ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Чернышев Алексей Дмитриевич, «26» января 1992 года рождения, в 2014 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». В 2018 году соискатель окончил обучение в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». В настоящее время соискатель работает инженером-схемотехником в конструкторском бюро электропривода ООО НПП «Резонанс».

Диссертация выполнена на кафедре «Летательные аппараты» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Воронин Сергей Григорьевич, профессор кафедры «Летательные аппараты» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Петрушин Александр Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения».

2. **Русаков Анатолий Михайлович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» (ФГБОУ ВО «УГАТУ»), г. Уфа – в своём положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой электромеханики, к.т.н., доцентом Вавиловым В.Е., профессором кафедры электромеханики, д-ром техн. наук, профессором Исмагиловым Ф.Р., и утверждённом д-ром техн. наук, профессором Еникеевым Р.Д., первым проректором по науке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», указала, что диссертационное исследование, в процессе которого проводится исследование электромагнитных процессов автономной энергетической установки на основе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением в различных режимах работы, разработка алгоритма управления и инженерной методики проектирования новых электротехнических систем, является актуальным, а диссертационная работа Чернышева А.Д. представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. По своей актуальности, объему выполненных исследований, научному содержанию, новизне и практической значимости результатов, работа полностью отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 2 работы, 4 работы в изданиях, индексируемых базой Scopus, 2 патента на изобретения РФ. Общий объем опубликованных работ составляет 7,1 п.л.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Воронин С.Г. Математическое описание вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением / С.Г. Воронин, А.Д. Чернышев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2020. – № 1 (20). – С. 105–115. (11/8)

2. Воронин С.Г. Модель вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением / С.Г. Воронин, А.Д. Чернышев // Электротехнические системы и комплексы. – 2020. – № 1 (46). – С. 4–12. (9/7)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», г. Челябинск, отзыв подписан профессором кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», д-ром техн. наук, проф. Буториным В.А. с замечаниями: «1. Основным замечанием по автореферату диссертации является то, что в автореферате недостаточно обстоятельно указаны причины выбора именно тиристорного способа управления током возбуждения, хотя было упомянуто, что автор разработал 4 способа. Как причина отказа от использования транзисторов для регулирования тока возбуждения указаны коммутационные выбросы, но существует достаточное количество способов борьбы с ними, чтоб хотя бы один из них помог. А причины отказа от СИФУ с использованием тех же тиристоров совершенно не пояснены в тексте автореферата. Возможно данные исследования приведены в диссертации.»

2. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, отзыв подписан профессором кафедры «Электромеханика и автомобильное электрооборудование», д-ром техн. наук, доц. Зубковым Ю.В. с замечаниями: «1. Не совсем корректно сформулированы цель и новизна диссертационной работы в части разработки инженерной методики, что не является предметом научного исследования. 2. Из рис.2 совершенно не ясен принцип работы ВИГ, не указаны выводы обмоток. По какой цепи возбуждается генератор? 3. В формуле (6) указано значение индукции 1,5 Тл. Не понятно, зачем в аналитическом выражении указывать конкретную величину одной из переменных, и какая сталь использовалась в сердечнике ВИГ (малая величина B_s)? 4. Что автор имеет в виду используя термины «выходные координаты АЭУ», «тормозные сопротивления»? Необходимо придерживаться устоявшейся терминологии.»

3. ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, отзыв подписан профессором кафедры «Автоматизированный ЭлектроПривод и Мехатроника», д-ром техн. наук, доц.

Омельченко Е.Я. с замечаниями: «1. Для решения поставленной цели определены 3 задачи, а научных положений, выносимых на защиту – 6! 2. На рисунке 2 не отмечены якорные и дополнительные обмотки. 3. Не приведены выражения для электромагнитного момента, мощности и КПД АЭУ».

4. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г. Уфа, отзыв подписан доцентом кафедры «Электротехника и электрооборудование предприятий», к.т.н. Хазиевой Р.Т. и заведующим кафедрой «Электротехника и электрооборудование предприятий» д-ром техн. наук, доц. Хакимьяновым М.И. с замечаниями: «1. Правильно ли называть обмотку, входящую в состав цепи возбуждения, «обмоткой возбуждения»? Исходя из представленных данных обмотка включена последовательно с основной обмоткой, конструктивно находится на тех же зубцах статора, что и основная обмотка, имеет малое количество витков, не позволяющее создать достаточный магнитный поток для возбуждения, и, исходя из описания тиристорной системы управления, ток протекает по ней не всегда, что порождает вопрос, является ли данный ток током возбуждения? 2. В тексте автореферата указано, что автор отказался от использования транзисторов для регулирования тока возбуждения из-за коммутационных перенапряжений. В настоящее время существует много способов снижения коммутационных выбросов. Использование транзисторов с ШИМ-регулятором позволило бы более плавно и точно регулировать ток возбуждения, а соответственно, и выходное напряжение, в сравнении с тиристорами. 3. При иллюстрировании процесса прекращения генерации электрической энергии из-за короткого замыкания было бы наглядней показать осциллограммы токов и напряжений фазных обмоток, которые бы демонстрировали прекращение возбуждения.»

5. ООО «ТРАНСКОНВЕРТЕР», г. Москва, отзыв подписан генеральным директором, д-ром техн. наук, проф. Вольским С.И. с замечаниями: «1. В приведенных системах дифференциальных уравнений полупроводниковые приборы представлены в виде дифференциальных сопротивлений. Такое допущение возможно, хотя существуют известные другие способы замещения. 2. На компьютерной модели, выполненной в ANSYS (рисунок 6) использован источник скорости для приведения в движение вала ротора. В таком случае нет необходимости в использовании блока, учитывающего момент инерции, который был применен в компьютерной модели. 3. Рисунок 7 некорректно именован. На рисунке 7 представлены принципиальные схемы цепей возбуждения для регуляторов, а не сами регуляторы.»

6. ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, отзыв подписан доцентом кафедры «Электротехнические комплексы и системы», к.т.н., доц. Бутаковым В.М. с замечанием: «Следует отметить, что материал в автореферате изложен аргументировано, однако с большим количеством грамматических и пунктуационных ошибок, затрудняющих понимание смысла, изложенного».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается публикациями авторов по заданной тематике. За последние 5 лет имеются публикации: доктор техн. наук, проф. Петрушин А.Д. – 4 публикации в изданиях из перечня ВАК, 3 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus; канд. техн. наук Русаков А.М. – 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 3 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus; ведущая организация – 8 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 5 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus. Сотрудниками ведущей организации являются ученые и специалисты, научная деятельность которых проходит в области разработки и использования систем генерирования электрической энергии автономных объектов: к.т.н., доц. Вавилов В.Е., д-р техн. наук, проф. Исмагилов Ф.Р., д-р техн. наук, проф. Саттаров Р.Р. и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математическая и компьютерная модели для исследования электромагнитных процессов, протекающих в автономной энергетической установке, выполненной на основе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением, в различных режимах работы;

предложен способ возбуждения и коммутации фазных обмоток вентильного индукторного генератора с помощью электрической цепи, состоящей из низковольтных конденсаторов и компонентов силовой электроники, используя трапецеидальную фазную ЭДС, а также способ управления током возбуждения с помощью тиристоров путем изменения соотношения между периодами напряжения, прикладываемого к ним, и периодами пропускания тока ими;

доказано экспериментами, что предложенный способ возбуждения и коммутации фазных обмоток обеспечивает работу вентильного индукторного генератора в естественном режиме, без необходимости отслеживания положения ротора и мгновенных значений фазных токов, а предложенный способ управления обеспечивает регулирование выходного напряжения в широком диапазоне изменения скоростей вращения и нагрузок.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана адекватность математической модели, описывающей процесс возбуждения и коммутации обмоток вентильного индукторного генератора с самовозбуждением, предложенным способом без использования высоковольтных транзисторов, датчиков положения ротора и фазных токов;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы основные положения теории электрических цепей, метода конечных элементов, методы математического и компьютерного моделирования, а также проведены испытания на лабораторном оборудовании;

изложена идея регулирования возбуждения вентильного индукторного генератора путем изменения напряжения на конденсаторах или путем изменения количества импульсов тока, формируемых ими;

раскрыты особенности, возможности и проблемы применения вентильных индукторных генераторов с конденсаторным возбуждением в автономных энергетических установках транспортных средств с электромеханической трансмиссией;

изучены электромагнитные процессы, протекающие в автономной энергетической установке на основе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением в различных режимах, для чего были разработаны математические и компьютерные модели;

обосновано применение регулирования возбуждения вентильного индукторного генератора путем изменения соотношения между количеством периодов напряжения, прикладываемого к тиристорам, и периодов пропускания тока ими;

доказано, что предложенный тиристорный способ управления цепью возбуждения вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением позволяет исключить перевозбуждение, повысить КПД на 5-25% в зависимости от режима работы и увеличить выходную мощность системы;

проведена модернизация автономной энергетической установки на основе вентильного индукторного генератора путем внесения изменений в конструкцию и силовую аппаратуру управления.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что:

разработанная автономная энергетическая установка использована при создании электромеханических трансмиссий для сельскохозяйственных тракторов третьего тягового класса ООО НПП «Резонанс», г. Челябинск;

разработаны структурная и принципиальная электрическая схема, методика проектирования, математическая и компьютерная модели автономной энергетической установки на основе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением. На устройства получены патенты на изобретения;

представлены рекомендации: использовать вентильный индукторный генератор с конденсаторным возбуждением, а также разработанные математические и компьютерные модели и инженерную методику проектирования в автономных энергетических установках при создании и модернизации специальных транспортных средств с электромеханической трансмиссией.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

установлено качественное совпадение результатов моделирования и экспериментальных натурных испытаний работы опытного образца вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением;

теория построена на известных проверяемых результатах, в том числе для электромагнитных процессов в автономных энергетических установках на базе вентильных индукторных генераторов, и согласуется с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;

идея базируется на возможности использования трапецеидальной фазной ЭДС для возбуждения обмоток вентильного индукторного генератора в определенных положениях ротора в естественном режиме;

использованы современные компьютерные программы для моделирования электротехнических систем и комплексов в реальных условиях эксплуатации и методики сбора и обработки экспериментальных данных при помощи оборудования лаборатории ООО НПП «Резонанс».

Личный вклад автора состоит в:

Разработке математического описания электромагнитных процессов, протекающих в автономной энергетической установке на основе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением. Предложена компьютерная модель, выполненная в программно-вычислительном комплексе ANSYS, на основе конечно-элементной модели электрической машины, учитывающая ее совместную работу с электронной аппаратурой управления. Автором получены выражения для предварительного определения мощности, параметров компонентов цепей рабочего и начального возбуждения, рассмотренной в работе автономной энергетической установки. Проведены исследования по определению способа регулирования тока возбуждения вентильного индукторного генератора с

конденсаторным возбуждением и определен оптимальный – с помощью тиристоров, включенных последовательно с дополнительной обмоткой, заключающийся в изменении соотношения между количеством периодов напряжения, прикладываемого к тиристорам, и количеством периодов пропускания тока ими. Показано, что данный способ управления позволяет исключить перевозбуждение генератора, повысить КПД, и получить стабильное напряжение в широком диапазоне изменения нагрузок и скоростей вращения. Экспериментально исследован разработанный автором опытный образец и внедрен в производственный процесс.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В уравнениях у Вас выведены соответствующие нелинейные звенья, производные взаимной индуктивности, умноженные на ток, и т.д. Функции в уравнениях периодические. А в конце приведено матричное решение с постоянными коэффициентами. Решение систем дифференциальных уравнений для непостоянных коэффициентов не приведено.

2. Работу таких сложных схем, как на слайде, многозвенных и многоэлементных, принято описывать синхронными диаграммами, где показываются токи и напряжения на каждом элементе. Понять по представленной на слайде схеме алгоритм управления не представляется возможным. Эта схема не содержит алгоритма управления. Скорее всего, эта схема сдублирована с патента, у которого цель - показать оригинальность, а не объяснить алгоритм. Здесь же Вам необходимо было показать именно алгоритм.

3. В диссертации и автореферате написано: «также большинство авторов не описывает возможности использования каких-либо физических и электрических особенностей работы электрической машины с целью упрощения конструкции всей системы». Не понятно, что Вы имеете ввиду.

4. В экспериментальной части приведены статические режимы. Судя по схеме эксперимента, испытания проводились на активную нагрузку. Привод работает не на активную, а на индуктивную нагрузку. Это имеет принципиальную разницу, особенно для таких схем, как приведена в работе: большое количество конденсаторов, переключений.

Соискатель Чернышев А.Д. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Коэффициенты в матрице не постоянные, они являются суммой индуктивностей и сопротивлений, т.е. являются периодическими функциями. Решение представлено в приложении к диссертации в виде кода, выполненного в SciLab.

2. Вы правы. Стоило на данном слайде представить структурную схему. При подготовке презентации посчитал достаточным наличия структурной схемы, представленной на одном из первых слайдов.

3. Сам процесс возбуждения и коммутации фазных обмоток осуществляются за счет трапецеидальной фазной ЭДС, что и является особенностью вентильных индукторных машин.

4. Испытания на индуктивную нагрузку в составе трактора были проведены уже после написания диссертации. Поэтому данные результаты не включены в диссертацию.

На заседании 26 ноября 2021 г. диссертационный совет принял решение за разработку математической и компьютерной моделей, способа управления, исследование электромагнитных процессов в различных режимах работы автономной энергетической установки на основе вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением присудить Чернышеву А.Д. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **6** – докторов наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **НЕТ** человек, проголосовали: за – **17**, против – **1**.

Заместитель председателя
диссертационного совета Сидоров Александр Иванович

Учёный секретарь
диссертационного совета Григорьев Максим Анатольевич
26.11.2021 г.