

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной
работе и инновациям,
доктор технических наук,
профессор

В.В. Воробьев

«10» 06 2022 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Паукова Дмитрия Викторовича «Совершенствование системы электроснабжения воздушных судов на основе аксиального бесконтактного генератора постоянного тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Актуальность темы диссертации

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения мощности источников и потребителей электрической энергии автономных объектах. В связи с этим возрастает, в том числе и потребность в источниках электрической энергии. Использование бесконтактных генераторов на сегодняшний день является перспективным и наукоемким техническим решением.

Диссертация Паукова Дмитрия Викторовича направлена на решение актуальной проблемы создания математического аппарата для проектирования аксиального бесконтактного генератора.

В работе представлены решение научной задачи создания информационно-методического обеспечения для разработки новых электротехнических комплексов постоянного тока с использованием генератора аксиальной конструкции с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками.

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 141 страницах, включая 11 таблиц и 42 иллюстраций.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и решаемые в диссертации задачи.

В первой главе дан анализ современных источников электроэнергии для ВС и намечены пути совершенствования этих источников.

Проведен сравнительный анализ радиальных и аксиальных электрических машин, приведены их достоинства и недостатки.

Доказано, что использование аксиальных электрических машин, следовательно, разработка и исследование является весьма актуальным и оправданной.

Во второй главе рассматривается аксиальная конструкция генератора как основы электротехнического комплекса постоянного тока, дано устройство и принцип действия разработанного на уровне изобретения аксиального бесконтактного генератора постоянного тока, проанализированы методы исследования переходных процессов и разработана математическая модель электромеханических и электромагнитных процессов, происходящих в разработанном электротехническом комплексе постоянного тока.

Для математического описания свойств генератора использовалась модель обобщенного электромеханического преобразователя энергии. Система дифференциальных уравнений представляет собой многообмоточную структуру с группами статорных и роторных обмоток, находящихся в относительном движении.

Симметричную многофазную электрическую машину с синусоидальным напряжением на ее обмотках анализировалась, приведя ее к двухфазной.

Третья глава посвящена реализации разработанной математической модели.

Проведены исследования переходных электромагнитных и электромеханических переходных процессов, получения зависимостей между различными показателями, характеризующими процессы, происходящие в машине, уравнения электромагнитных и электромеханических переходных процессов в генераторе с учетом насыщения и характера питающего напряжения. В том числе, учитывались насыщения в роторе и сердечнике статора при исследовании электрических машин с помощью аналитических выражений кривых намагничивания материалов ротора и статора машины.

В ходе реализации математической модели решены системы уравнений, описывающие электромагнитные и электромеханические переходные процессы в системе электроснабжения с учетом насыщения, изменения формы задающего вращательного движения, особенностей многократного преобразования энергии.

В качестве объекта исследования был выбран электромеханический преобразователь энергии, построенный на базе модели авиационного генератора аксиального типа мощностью 1,5 кВт.

Для оценки влияния изменения электромагнитных параметров системы электроснабжения на показатели, которые характеризуют электромагнитный и электромеханический переходный процесс в машине и отыскания функциональных зависимостей между ними в диапазоне изменения параметров был применен метод планирования эксперимента.

В четвертой главе в целях подтверждения основных теоретических положений был изготовлен экспериментальный образец аксиального

бесконтактного генератора постоянного тока мощностью 1,5 кВт и выполнен комплекс экспериментальных исследований.

Экспериментальным путем определены параметры машины, получены электромеханические характеристики и КПД.

Для моделирования работы системы в реальных условиях и обеспечения качественного измерения экспериментальных данных, предусмотренных программой эксперимента, разработан экспериментальный стенд.

Экспериментально доказана работоспособность конструкции, а также возможность управления разработанной системой электроснабжения, и, следовательно, возможность стабилизации её выходных параметров.

В заключении представлены обобщенные выводы по результатам выполненной работы.

Новые научные результаты. В диссертационной работе автором получено ряд основных новых важных результатов, а именно:

- установлены функциональные зависимости рабочих и ударных токов ротора и статора предложенного генератора от скорости вращения, активных и индуктивных сопротивлений обмоток, позволяющие уже на начальном этапе проектирования определить допустимый диапазон их изменения;

- проведено исследование переходных процессов в системе, включающей три электромеханических преобразователя с нелинейными коэффициентами, позволяющее оценить провалы выходного напряжения в переходных режимах;

- предложена математическая модель для расчета установившихся режимов, а также электромагнитных и электромеханических переходных процессов в генераторе на основе обобщенного электромеханического преобразователя энергии, позволяющая решать вопросы синтеза электротехнических комплексов с заданными статическими и динамическими свойствами.

Практическая значимость и ценность работы

Предложена методика расчёта параметров системы электроснабжения воздушного судна в статическом и динамическом режимах работы.

Разработана и экспериментально доказана работоспособность новой конструкции генератора для электротехнического комплекса;

Разработаны и зарегистрированы, в порядке государственной регистрации, программы автоматизированных расчётов параметров аксиального бесконтактного генератора постоянного тока и его характеристик.

Результаты работы используются в научно-исследовательских работах филиала ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Краснодар), в разработке и модернизации систем электроснабжения в АО «НПО «Электромашина», а также в учебном процессе в ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Конструкция стабилизированного аксиального бесконтактного электротехнического комплекса постоянного тока, отличающаяся от известных конструкций способом изготовления магнитопроводов аксиальных электрических машин, что даёт возможность упростить технологию изготовления, снизить расход магнитных материалов, улучшить массогабаритные и энергетические показатели комплекса.

2. Математическая модель на основе обобщенного электромеханического преобразователя энергии, отличающаяся учётом функциональной зависимости параметров электрической машины от тока и скорости вращения ротора, что даёт возможность исследовать взаимосвязанные электромагнитные, электромеханические и динамические процессы в электротехническом комплексе.

3. Методика расчета электромагнитных и электромеханических переходных процессов в генераторе, отличающаяся тем, что позволяет решать вопросы синтеза электротехнических комплексов с заданными статическими и динамическими свойствами, что даёт возможность проводить исследование динамических характеристик переходных процессов с нелинейными коэффициентами, описывающие поведение системы электроснабжения, при различных значениях момента инерции ротора, его активного сопротивления и скорости вращения.

Апробация работы и публикации. Полученные результаты исследования докладывались и обсуждались на различных международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 24 печатных работ, в том числе 2 в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК. Получено 4 патента РФ на изобретения и 2 свидетельства о государственной регистрации программных продуктов.

Достоверность основных теоретических положений, выводов и практических результатов подтверждена: корректным использованием положений теории электрических цепей и методик расчетов электрических машин, теории обобщенного электромеханического преобразователя энергии, методов решения систем нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных, применяемым математическим и имитационно-компьютерным аппаратом и сопоставлением проведенных исследований с результатами экспериментов.

По оформлению и содержанию работы имеются следующие **замечания**:

1. При анализе систем электроснабжения не рассматриваются системы с большой кратностью частоты вращения входного вала генератора, на современной технике при использовании поршневых двигателей внутреннего сгорания, как бензиновых, так и дизельных кратность изменения частоты превышает значения 3 и может достигать значения 6. Это очень актуальная

проблема и очень существенно влияет на характеристики системы электроснабжения.

2. Результаты моделирования сравниваются только с генераторами радиальной конструкции на качественном уровне. В работе не приведены числовые показатели сравнения предложенной конструкции генератора с существующими генераторами, в том числе с бесконтактными генераторами с постоянными магнитами (МЭГ).

3. В диссертации утверждается, что одним из преимуществ аксиальной конструкции генератора является простота изготовления, однако не приведены конструктивные и технологические особенности данного типа генератора.

4. Из работы не понятно можно ли полученные результаты масштабировать на более мощные электрические машины, например, мощностью 30, 60 кВт.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

Заключение по диссертации

1. Несмотря на представленные замечания диссертация Паукова Дмитрия Викторовича «Совершенствование системы электроснабжения воздушных судов на основе аксиального бесконтактного генератора постоянного тока» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют теоретическое и практическое значение.

2. Выводы и основные положения достаточно обоснованы, вытекают из содержания работы, подтверждены в ходе экспериментальных исследований и соответствуют Паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают его основные положения.

Язык и стиль изложения диссертации соответствуют принятому с использованием предложенных автором терминами.

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

Оформление в целом претензий не вызывает.

3. По уровню решения важной научно-технической задачи и её практической значимости диссертация полностью соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор, Пауков Дмитрий Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертационная работа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электротехники и авиационного электрооборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (протокол заседания № 12 от 08.06.2022 года), в котором участвовали 10 человек, из которых 4 доктора технических наук, 6 кандидата технических наук.

Заведующий кафедрой
электротехники и авиационного
электрооборудования,
доктор технических наук,
профессор



С.П. Халютин

Профессор кафедры
электротехники и авиационного
электрооборудования,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник



А.О. Давидов

125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д.20, Тел.: + 7 (499) 457-12-29
e-mail: info@mstuca.aero
официальный сайт: <http://mstuca.ru>