

ОТЗЫВ

официального оппонента Панфилова Дмитрия Ивановича
на диссертацию Харитонов А Андрея Сергеевича на тему: «Анализ системы
электропитания постоянного тока летательных аппаратов», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 –
Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертационной работы

К настоящему времени все возрастающий практический интерес проявляется к системам электропитания, в которых основным источником энергии является электрическая машина, с изменяющимся в широком диапазоне режимом ее работы. Такие системы находят все более широкое распространение на транспорте, ветроэнергетике, летательных аппаратах, системах автономного электропитания и других областях применения. При этом, качество электроэнергии, поставляемой нагрузке, должно быть обеспечено во всем диапазоне изменения режимов работы генератора и нагрузки. Развитие силовой электроники и цифровых систем управления позволяет на их основе успешно решать эти задачи построения таких систем электропитания, обеспечивая при этом их высокие технико-экономические показатели. Практическое применение таких технологий находит в разработке концепции «электрического самолета», где эффект от их внедрения будет проявляться в улучшении технико-экономических и эксплуатационных свойств самолета за счет перехода все больших узлов самолета на электрическое управление. В этой связи, представленная работа, ориентированная на анализ систем электропитания летательных аппаратов и разработку методов повышения эффективности их работы следует считать актуальной и перспективной для дальнейшего применения.

Новизна результатов работы определяется тем, что в ней:

1. разработана математическая модель системы электропитания постоянного тока на базе синхронного генератора с комбинированным возбуждением с переменной частотой вращения вала и активного выпрямителя напряжения, учитывающая основные параметры генератора и полупроводникового преобразователя. Математическая модель может быть использована для исследования влияния алгоритмов управления активного выпрямителя и генератора на электромагнитные процессы в системе;
2. предложены и исследованы способы выбора параметров синхронного генератора с комбинированным возбуждением с переменной частотой вращения вала в составе системы электропитания постоянного тока для летательных аппаратов. Описана и проанализирована взаимосвязь параметров синхронного генератора с установленными мощностями оборудования;
3. предложены алгоритмы управления синхронным генератором с комбинированным возбуждением и активным выпрямителем напряжения, обеспечивающие минимизацию перетоков неактивной мощности между генератором и инвертором напряжения и заданную величину выходного напряжения.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы соискателя подтверждается применением методов математического и компьютерного моделирования с использованием современного программного обеспечения, численными расчетами, результаты которых согласуются с измерениями, полученные в ходе экспериментальных исследований.

Значимость полученных результатов для науки и производства

Результаты, представленные в диссертационной работе соискателя, могут быть применены на этапе проектирования систем автономного электроснабжения с минимальным потреблением из сети реактивной мощности для различных объектов.

Также следует отметить, что результаты, полученные автором, имеют новизну и находятся в области вопросов, недостаточно исследованных до настоящего времени. Этим определяется высокая значимость и важность аналитических и практических исследований, представленных в диссертационной работе, для дальнейшего развития научного направления, а также внедрения их в учебный процесс.

Практическая значимость работы основана на том, что:

- предложена и исследована структура системы электроснабжения постоянного тока для летательных аппаратов на основе синхронного генератора с комбинированным возбуждением с переменной частотой вращения вала и активного выпрямителя напряжения, обеспечивающая режим генерирования постоянного тока и электростартерный запуск от электрической сети постоянного тока;
- определены базовые параметры синхронного генератора при работе с активным выпрямителем в составе системы электроснабжения постоянного тока при переменной частоте вращения вала генератора. Использование базовых параметров синхронного генератора позволяет проводить сравнительную оценку эффективности применения различных подходов к построению и управлению системой электроснабжения на основе синхронного генератора с комбинированным возбуждением;
- предложены энергоэффективные алгоритмы управления синхронным генератором, как неявнополюсного, так и явнополюсного, с комбинированным возбуждением и активным выпрямителем напряжения в составе системы электроснабжения постоянного тока для летательных аппаратов при переменной частоте вращения вала генератора.

Содержание диссертационной работы

Диссертационная работа соискателя состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 78 наименований, и приложения.

Объем диссертационной работы 208 страниц машинописного текста, в том числе, 4 таблицы и 144 иллюстрации.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, отражены цель и задачи диссертации. Определена научная новизна и положения, выносимые на защиту, показан личный вклад автора, приведена теоретическая и практическая значимость.

В первой главе отражено современное состояние дел по диссертационному исследованию, проведен аналитический обзор современных и перспективных систем электроснабжения летательных аппаратов, рассмотрены режимы их работы. Рассмотрены типовые структуры систем и основные требования, предъявляемые к ним. Обоснован выбор структуры систем электроснабжения летательных аппаратов на основе синхронных генераторов с комбинированным возбуждением и активным выпрямителем напряжения. Сформулирована стратегия и направления проведения исследований в рамках анализа предложенной структуры.

Во второй главе рассмотрены математические модели основных компонентов, входящих в систему электроснабжения постоянного тока. Рассмотрены математическая модель синхронного генератора с комбинированным возбуждением при работе на активный выпрямитель напряжения, математическая модель активного выпрямителя напряжения, математическая модель dc/dc преобразователя, математические модели нагрузок. Представлена разработанная автором полная математическая модель системы электроснабжения постоянного тока. Представленная в этой главе полная математическая модель системы электроснабжения может быть использована для проведения анализа электромагнитных процессов и исследования влияния параметров синхронного генератора и алгоритмов управления режимами работы системы электроснабжения на установленные мощности его оборудования. К сожалению, глава представляется чисто теоретической и в ней автор не приводит материала по проверке и оценке адекватности предложенной математической модели энергоснабжения.

В третьей главе является наиболее полной и в ней представлены алгоритмы управления системой электроснабжения постоянного тока на основе синхронного генератора с комбинированным возбуждением и активного выпрямителя напряжения. Рассмотрены принципы действия системы электроснабжения. Дана количественная оценка электрических параметров системы. Рассмотрены параметрические законы управления синхронным генератором с комбинированным возбуждением. Рассмотрено управление синхронным генератором с комбинированным возбуждением и активным выпрямителем напряжения с нулевым значением реактивного тока. Рассмотрено управление явнополюсным синхронным генератором с комбинированным возбуждением и активным выпрямителем напряжения. Приводится детальный анализ и сравнение различных вариантов построения и управления системой электроснабжения. На примерах аналитических выражений и полученных графиков зависимостей режимов работы системы электропитания раскрывается и поясняется физический смысл влияния различных параметров синхронного генератора и управления на процессы и определению требований к основным параметрам синхронного генератора.

В четвертой главе приведены результаты проведенных модельного и физического экспериментов работы системы электроснабжения в установившемся режиме работы. В ней автор проводит детальную проверку и сравнение всех вариантов построения и управления рассмотренных в главах 2 и 3. Полученные результаты позволили автору, с одной стороны, подтвердить справедливость предложенных подходов, моделей, способов выбора параметров генератора и алгоритмов управления системой, а с другой стороны сформулировать ряд важных выводов и рекомендаций по применению рассмотренных подходов при различных требованиях со стороны нагрузки.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 16 печатных работах, среди которых 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 статьи в изданиях, индексируемых в базах цитирования Scopus и Web of Science.

Опубликованные автором работы освещают весь объем исследований, результатов, выводов и в достаточной мере отражают полноту диссертационной работы.

Автореферат корректно отображает все положения, разработанные в диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. В главе 1 диссертационной работы при проведении анализа современных систем электроснабжения летательных аппаратов автор слабо осветил проблему потребления реактивной мощности и качества генерируемой электроэнергии, присущую этим системам, решению которой, от части и посвящена работа.

2. В главе 2, при описании структуры рассматриваемой системы электроснабжения следовало бы подробнее описать возможность активного выпрямителя напряжения менять фазу тока относительно напряжения, как одно, из важных его свойств. Хотелось бы видеть в конце главы оценку степени адекватности предложенной математической модели реальной системы.

3. Глава 3 слишком перегружена информацией. Автору следовало бы разбить главу на две самостоятельных главы.

4. Работа перегружена графической информацией. Полагаю, достаточным, вместо приведения ряда графиков, была бы ссылка на публикации.

5. Полагаю, что автору следовало бы в завершении исследований предложить унифицированную методику инженерного расчета параметров синхронного генератора по полученным в работе основным энергетическим параметрам системы электроснабжения.

6. Проведение расчетов и моделирования работы системы электроснабжения для установившегося режима работы является важным, но не достаточным критерием для выявления работоспособности системы. На мой взгляд, автору следовало бы провести все расчеты и моделирование работы системы так же и для переходного режима.

7. В главе 4 приведена только структурная схема системы подчиненного регулирования для исследуемой системы. Полагаю, что автору следовало бы привести в диссертационной работе имитационную модель системы электроснабжения, созданную в компьютерной программе PSIM.

Заключение

Несмотря на отмеченные замечания, следует признать, что диссертационная работа Харитонов А.С. на тему «Анализ системы электроснабжения постоянного тока летательных аппаратов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены результаты исследований, имеющие существенное научное и практическое значение для создания перспективных систем электроснабжения.

Работа отвечает требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842 (ред. от 11.09.2021 г.), а её автор Харитонов Андрей Сергеевич заслуживает присуждение учёной

степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент:
доктор технических наук, профессор,
научный руководитель АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Дмитрий Иванович Панфилов

«22» *ноябрь* 2021 г.

Подпись научного руководителя
АО «НТЦ ФСК ЕЭС» Панфилова Д.И. заверяю:

Начальник отдела кадров

2021 г.

Акционерное общество «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»).

Адрес: 115201, Россия, г. Москва, Каширское ш., д. 22. Контактный телефон +7(495) 727-19-09, факс +7(495) 727-19-08. E-mail: dmitry.panfilov@inbox.ru, info@ntc-power.ru

Отзыв получен 06.12.2021 М.Рыбко М.А.
© отзывом ознакомили 06.12.2021
С. Сериков А.С.