

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук, доцента по диссертационной работе Демченко Алексея Геннадьевича на тему «Метод диагностирования технических состояний бортовой системы электроснабжения переменного тока воздушных судов», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта».

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа Демченко А. Г. посвящена решению актуальной научной задачи получения метода диагностирования технических состояний бортовых систем электроснабжения (СЭС) воздушных судов (ВС). Как показывает анализ безопасности полётов, до 5% авиационных инцидентов и происшествий происходят из-за отказов агрегатов бортовой системы электроснабжения. С точки зрения влияния на безопасность полётов, бортовая СЭС воздушного судна является одной из важнейших бортовых систем, поскольку основное предназначение бортовой СЭС ВС – обеспечение электропитанием бортового оборудования и агрегатов, потребляющих электроэнергию (приёмников электроэнергии). Поэтому отказы агрегатов бортовых СЭС ВС напрямую влияют на работу электрооборудования остальных систем ВС, являющихся приёмниками электроэнергии, приводя, таким образом, к зависимым отказам приёмников электроэнергии. В связи с этим является актуальной задача технического диагностирования и прогнозирования технического состояния бортовой СЭС ВС. Решение данной задачи предполагает получение такого алгоритма диагностирования, который позволит получить расширенное множество технических состояний канала бортовой СЭС ВС, на основе значений определяющих параметров, а также получить прогнозирование значений определяющих параметров, таким образом, можно будет контролировать поведение бортовой СЭС ВС при любом ненормальном режиме, снижая тем самым вероятность возникновения аварийных ситуаций в полёте. Как следствие, это приведёт к повышению уровня безопасности полётов.

Общая методология исследования.

Разработанный научно-методический аппарат базируется на использовании методов математического и имитационного моделирования электроэнергетических систем и их элементов. Отличительными особенностями методологии являются алгоритмы диагностирования, позволяющие различать технические состояния канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты и получить таким образом расширенное множество технических состояний.

Оценка структуры и содержания работы.

Диссертационная работа имеет чёткую логическую взаимосвязанную структуру. Она демонстрирует глубокие знания автором вопросов, относящихся как к теоретической, так и к практической реализации выполненных исследований. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложения общим объёмом (234) страницы печатного текста. Основная часть диссертации изложена на (176) страницах и содержит (59) рисунков и (4) таблицы. Объём и структура диссертации и автореферата соответствуют рекомендациям ВАК РФ и ГОСТ 7.011-2011.

Во введении приведены общие сведения о диссертации: рассматриваются актуальность темы исследования, степень разработанности темы исследования, объект исследования, предмет исследования, цель исследования, научная задача, задачи исследования, методология и методы исследования, теоретическая значимость, научная новизна работы, практическая значимость исследования, положения, выносимые на защиту, достоверность и обоснованность результатов, апробация работы и публикации, личный вклад автора, структура и объём работы.

В первой главе проведён анализ состояния безопасности полётов по распределениям отказов бортовых систем. Рассмотрены виды и состав бортовых систем электроснабжения (СЭС) воздушных судов (ВС). Рассмотрена СЭС переменного тока постоянной частоты конкретного типа ВС с регулирующей и защитной аппаратурой. Проведён анализ диагностируемых технических

состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты. Проведён анализ определения расширенного множества возможных технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты. Поставлена задача и определена последовательность действий для получения алгоритма диагностирования расширенного множества возможных технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты с прогнозированием значений определяющих параметров.

Во второй главе рассмотрена структурная схема канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты и выполнено математическое моделирование элементов канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты. Разработана математическая модель бортового генератора переменного тока (авиационного синхронного генератора серии ГТ). В составе общей математической модели авиационного синхронного генератора разработаны математические модели основного генератора, возбудителя, подвозбудителя и вращающегося выпрямителя. Разработана математическая модель регулятора напряжения. Рассмотрена математическая модель привода постоянной частоты вращения. Рассмотрены математические модели линейной и нелинейной трёхфазных статических нагрузок, а также математическая модель линейной однофазной статической нагрузки. Рассмотрены математические модели контакторов трёхфазных и однофазной нагрузок.

В третьей главе рассмотрено имитационное моделирование элементов канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты в среде имитационного моделирования Simulink пакета прикладных программ MATLAB.

Разработана имитационная модель бортового генератора переменного тока (авиационного синхронного генератора серии ГТ) на основе его математической модели, полученной ранее. В составе общей имитационной модели авиационного синхронного генератора разработаны имитационные модели основного генератора, возбудителя, подвозбудителя и вращающегося выпрямителя. Разработана имитационная модель регулятора напряжения. Разработана имитационная модель привода постоянной частоты вращения. Разработаны

имитационные модели линейной и нелинейной трёхфазных статических нагрузок, а также имитационная модель линейной однофазной статической нагрузки. Разработаны имитационные модели контакторов трёхфазных и однофазной нагрузок.

В четвёртой главе рассмотрено имитационное моделирование элементов канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты в среде имитационного моделирования Simulink пакета прикладных программ MATLAB. В среде имитационного моделирования MATLAB/Simulink на имитационной модели канала бортовой СЭС переменного тока постоянной частоты смоделированы технические состояния канала бортовой СЭС переменного тока постоянной частоты. Получены переходные процессы мгновенных значений фазных напряжений в точке регулирования. Рассчитаны значения коэффициентов гармонических составляющих, коэффициентов искажений, действующие значения фазных напряжений в точке регулирования, как определяющих параметров для каждого отдельного технического состояния. Сформулированы критерии появления технических состояний и определены их различающие функции. Построен алгоритм диагностирования технических состояний. Поставлена и решена задача прогнозирования технического состояния канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты. Произведено прогнозирование значений определяющих параметров как функций времени на основе полинома Лагранжа. Определена общая различающая функция появления отказа в будущие моменты времени при проведении диагностирования в текущий момент времени. Построен общий алгоритм диагностирования появления отказа в будущие моменты времени при проведении диагностирования в текущий момент времени.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Результаты, полученные автором, разработанные методы и алгоритмы, базируются на фундаментальных результатах математического моделирования электроэнергетических систем и их элементов. Оценка точности математического

и имитационного моделирования производилась как на основе сравнения результатов моделирования с результатами испытания реальных систем, так и с учётом определения погрешности моделей, обусловленной неточностью исходных данных.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Разработана математическая модель бортового генератора переменного тока (авиационного синхронного генератора серии ГТ) с учётом насыщения его магнитной цепи.

2. Разработана математическая модель регулятора напряжения.

3. В среде имитационного моделирования MATLAB/Simulink разработаны имитационные модели агрегатов канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты: бортового генератора переменного тока (авиационного синхронного генератора серии ГТ), регулятора напряжения, привода постоянной частоты вращения, линейной и нелинейной трёхфазных статических нагрузок, линейной однофазной статической нагрузки, контакторов трёхфазных и однофазной нагрузок.

4. На основе разработанных имитационных моделей при разложении в ряд Фурье мгновенных значений напряжений фаз «А», «В» и «С» в точке регулирования определены значения определяющих параметров: коэффициентов гармонических составляющих напряжений фаз «А», «В» и «С», коэффициенты искажения напряжений фаз «А», «В» и «С», а также действующие значения напряжений фаз «А», «В» и «С» в точке регулирования для каждого отдельного технического состояния из расширенного множества технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты.

5. Определены различающие функции для каждого отдельного технического состояния из расширенного множества технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты.

6. Выполнено прогнозирование значений определяющих параметров: коэффициентов гармонических составляющих напряжений фаз «А», «В» и «С»,

коэффициентов искажения напряжений фаз «А», «В» и «С», а также действующих значений напряжений фаз «А», «В» и «С» в точке регулирования с помощью интерполяционных полиномов Лагранжа.

7. Разработан алгоритм диагностирования технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты с прогнозированием значений определяющих параметров.

Практическая значимость работы состоит в следующем

1. Разработанный в работе алгоритм диагностирования технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты с прогнозированием значений определяющих параметров может быть использован для модернизации существующего оборудования канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты с добавлением необходимого функционала для диагностирования технических состояний канала бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты с прогнозированием значений определяющих параметров.

2. Результаты, полученные в работе, могут быть использованы при разработке методов диагностирования технических состояний в бортовых СЭС ВС переменного трёхфазного тока номинальным напряжением 230/400 В постоянной номинальной частоты 400 Гц, бортовых СЭС ВС переменного трёхфазного тока номинальным напряжением 115/200 В переменной частоты 360...800 Гц, бортовых СЭС ВС переменного трёхфазного тока номинальным напряжением 230/400 В переменной частоты 360...800 Гц.

3. Результаты, полученные в работе, могут быть использованы для модернизации бортовых систем технического обслуживания (БСТО) современных ВС с добавлением функций системы управления техническим состоянием (ИСУТС), а также при разработке БСТО перспективных ВС.

4. Разработанные математические и имитационные модели бортового генератора переменного тока (авиационного синхронного генератора серии ГТ), регулятора напряжения, привода постоянной частоты вращения, линейной и нелинейной трёхфазных статических нагрузок, линейной однофазной статической

нагрузки, контакторов трёхфазных и однофазной нагрузок могут быть использованы при разработке СЭС перспективных ВС.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.

Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертационной работы, как полученные в ней научные результаты, так и основные выводы, и приведённые рекомендации.

Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ.

Основные результаты исследования опубликованы в 14 печатных работах, которые включают 6 статей из перечня ВАК. Защищаемые положения, выводы и рекомендации достаточно полно отражены в публикациях автора.

Соответствие темы диссертации заявленной научной специальности.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта», а именно пункту 1 формулы специальности (воздушные суда, авиационные двигатели, гидромеханические системы, авионика, электрооборудование и другие функциональные системы воздушных судов; наземная авиационная техника) и пункту 9 перечня областей исследования (разработка методов и средств диагностирования и прогнозирования технического состояния авиационной техники и метрологического обеспечения).

Замечания.

По диссертации и автореферату можно сделать следующие замечания, часть из которых может быть рассмотрена при проведении защиты диссертации:

1. Математическая модель вращающегося выпрямителя и нелинейной трехфазной нагрузки не учитывает работу диодного моста при коммутации.
2. В работе не представлены методы определения и параметры (математическое ожидание, дисперсия, СКО) статистической функции определяющих параметров и их приращений.

3. Не рассмотрены вопросы технической реализации разработанного метода диагностирования технического состояния канала генерирования и влияния аппаратной составляющей на определение различающих функций.

4. Не обоснована необходимость введения различных технических состояний для диодов вращающегося выпрямителя генератора серии ГТ в условиях эксплуатации. В то же время нет различия по техническому состоянию для режима КЗ по типу («глухое» и «перемежающееся»), что является более актуальной при эксплуатации.

5. Не указан какой алгоритм преобразования Фурье применялся для получения определяющих параметров и его влияние на оцениваемые функции.

6. Не представлены данные по оценке определяющих параметров при изменении частоты в переходных режимах привода постоянных оборотов.

7. Технические состояния расширенного множества, определенные в работе, являются следствием внезапных отказов системы электроснабжения и не понятно, как представленная методика прогнозирования обеспечивает их определение.

8. В работе отмечаются незначительные опечатки и стилистические ошибки.

Заключение.

Диссертационная работа Демченко Алексея Геннадьевича является самостоятельной завершенной научно-квалифицированной работой, выполненной на актуальную тему, в ней решена важная для авиационной отрасли научная задача разработки научно-методического аппарата метода диагностирования расширенного множества технических состояний бортовой СЭС ВС переменного тока постоянной частоты с прогнозированием значений определяющих параметров. Она соответствует требованиям ВАК РФ по пункту 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Демченко Алексей

Геннадьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта».

Официальный оппонент:

Главный конструктор – заместитель Генерального директора ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», кандидат технических наук, доцент.

«8» апреля 2022 г.  Жмуров Борис Владимирович

Адрес места основной работы: 129085, г. Москва, ул. Годовикова, 9, стр. 1.

Телефон: +7(495) 255-36-35.

Адрес электронной почты: bzhmurov@naukasoft.ru

Верно

Подпись Жмурова Б. В. заверяю:

Начальник отдела кадров



 Максимова О. Ю.