



Экз. 1

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИРОБОРОНЫ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Петровско-Разумовская аллея, д. 12А,
стр.4, г. Москва, 127083

«11» сентября 2023 г.

Исх. № 101/10/2012

На № 123/Д от 08.09.2023

УТВЕРЖДАЮ

Временно исполняющий обязанности
заместителя начальника Федерального
государственного бюджетного
учреждения «Центральный научно-
исследовательский институт Военно-
воздушных сил» Министерства
обороны Российской Федерации
по научной работе
кандидат технических наук

В.Беспалов



ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации» на диссертационную работу Павловой Виктории Игоревны на тему: «Метод диагностирования технического состояния входных цепей питания потребителей электроэнергии в интеллектуальных системах электроснабжения воздушных судов на основе цифровых двойников», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники

Актуальность диссертационного исследования

Современный этап развития гражданской авиации характеризуется переходом авиакомпаний России на эксплуатацию отечественных воздушных судов (ВС) нового поколения с цифровым бортовым оборудованием. Для обеспечения высокого уровня безопасности полетов и безопасности

воздушных перевозок в целом диагностика технического состояния воздушных судов (ВС) является основной задачей. Одним из приоритетных направлений в области повышения качества технического обслуживания ВС при внедрении на ВС перспективных интеллектуальных систем электроснабжения является переход от планово-предупредительной стратегии эксплуатации по ресурсу к стратегии эксплуатации по состоянию. Основной причиной, сдерживающей внедрение эксплуатации по состоянию систем электроснабжения современных ВС, является недостаточное развитие методов и средств диагностики и определения предотказного состояния в системах распределения электроэнергии и, как следствие, снижение эксплуатационной надежности систем бортового оборудования ВС из-за снижения качества потребляемой электроэнергии.

Поэтому проведение научных исследований, направленных на повышение полноты и качества технического диагностирования приемников электроэнергии, подключенных к цифровым интеллектуальным системам распределения электроэнергии, является **актуальной задачей**, напрямую влияющей на обеспечение летной годности ВС.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) на кафедре «Электротехники и авиационного электрооборудования».

Целью диссертационной работы является повышение полноты технического диагностирования приемников электроэнергии за счет расширения диагностических функций в цифровых интеллектуальных системах распределения электроэнергии ВС, что напрямую оказывает влияние на обеспечение летной годности ВС.

Для достижения цели в рамках диссертационной работы решены следующие задачи:

- исследовано влияние отклонений параметров реактивных элементов цепей питания приемников электроэнергии на их работоспособность с определением критических значений отклонений этих параметров, характеризующих переход приемников электрической энергии в неработоспособное состояние;
- разработана методика определения параметров реактивных элементов входных цепей приемников электрической энергии на основе измерения мгновенных значений входного тока и напряжения;

- исследованы возможности синтеза эквивалентных электрических схем замещения входных цепей приемников электроэнергии по критерию минимума отклонения их амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) входного импеданса от АЧХ исходного объекта;
- определены зависимости чувствительности определения контролируемых параметров электрических схем замещения к погрешностям измерения АЧХ;
- проведены экспериментальные исследования разработанной методики диагностирования.

Содержание диссертации последовательно и связно отражает порядок и суть проведенных исследований. Структурно диссертация состоит из основной части, состоящей из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы, и приложений. Основная часть работы содержит 143 страницы, 81 рисунок и 8 таблиц. Общий объем работы с приложениями составляет 151 страницу. Библиографический список литературы включает в себя 136 источников. Применяемые в работе методы, порядок их использования описаны достаточно подробно и содержат ссылки на используемые источники.

Во введении диссертации обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы объект, предмет и цель исследования и научная задача. Содержит положения, выносимые на защиту, научную новизну и практическую значимость полученных в работе результатов, оценку степени их достоверности и апробации.

В первой главе диссертации выполнен анализ исследований, выполненных в России и за рубежом, в области технической диагностики авиационного оборудования, анализ построения систем распределения электроэнергии ВС, анализ существующих методов и средств диагностирования и возможностей диагностирования и прогнозирования технического состояния приемников электроэнергии при эксплуатации воздушных судов, что позволило автору определить объект и предмет исследования, выявить существующие противоречия в науке и практике и сформулировать решаемую в работе научную задачу. Выполнена декомпозиция научной задачи на ряд взаимосвязанных частных задач, решению которых посвящены 2 – 4 главы диссертации.

Во второй главе представлены результаты исследований возможности диагностирования приемников электроэнергии на основе частотных свойств импедансов цепей питания. Изложены результаты разработки методики анализа амплитудно-частотных характеристик входных импедансов приемников электроэнергии, ее применения для контроля состояния

оборудования по цепям питания в обесточенном состоянии и экспериментальных исследований на примере преобразователей переменного тока в постоянный АС-DC, постоянного тока в постоянный DC-DC. Представленные результаты экспериментальных исследований подтвердили работоспособность разработанной методики по диагностированию постепенных отказов оборудования.

Третья глава диссертация посвящена разработке метода диагностирования технического состояния параметров цепей питания вторичных источников питания в интеллектуальных системах распределения электроэнергии. Основным преимуществом разработанного метода является разработка цифровых двойников – математических моделей объектов контроля по его амплитудно-частотным характеристикам входных цепей питания, что позволяет выполнять контроль его технического состояния без использования принципиальных электрических схем, при этом погрешность разработанного метода по сравнению с традиционными не превышает 10%.

В четвертой главе диссертации представлены результаты экспериментальных исследований разработанного метода и методики диагностирования технического состояния параметров цепей питания вторичных источников питания, которые полностью подтвердили теоретические положения третьей главы о возможности диагностирования приемников электроэнергии разработанным автором методом.

Научная новизна

Научная новизна работы, полученная в результате решения сформулированной научной задачи разработки метода диагностирования потребителей электроэнергии на основе имеющейся в цифровых интеллектуальных системах распределения электроэнергии (ЦИСР ЭЭ) информации о мгновенных значениях потребляемого тока и напряжения питания, заключается в следующем:

- получены результаты исследования влияния отклонения параметров реактивных элементов вторичных источников питания (ВИП) на работоспособность приемников электроэнергии и определены пути оценки критических значений отклонений этих параметров, характеризующих переход приемников электрической энергии в неработоспособное состояние;
- определена возможность синтеза эквивалентных электрических схем замещения цепей питания приемников электроэнергии по критерию минимума квадратичной ошибки отклонения их амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) входного импеданса от АЧХ исходного объекта для использования при диагностике их состояния, что предоставляет новые

возможности создания универсальных моделей входных цепей приемников электрической энергии (ПЭЭ) в условиях отсутствия их принципиальных электрических схем;

- исследована чувствительность контролируемых параметров электрических схем замещения к погрешностям измерения параметров АЧХ, что позволяет оценивать общие погрешности определения диагностируемых параметров исследуемого объекта;

- обосновано применение модернизированного в работе метода предельных состояний для получения частотных функций и дифференциальных уравнений переходных процессов в электрических цепях с реактивными элементами, который лег в основу расчета реактивных параметров;

- разработан новый метод диагностирования ПЭЭ, основанный на информации о мгновенных значениях потребляемого тока и напряжения в цифровых интеллектуальных системах распределения электроэнергии.

Значимость полученных результатов

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в том, что автором разработан новый метод диагностирования приемников электроэнергии средствами цифровых систем распределения электроэнергии, основанный применении цифровых двойников приемников электроэнергии и анализе переходных процессов при коммутации.

Практическая значимость определяется возможностью практического внедрения разработанной методики при проектировании локальных центров управления нагрузками перспективных интеллектуальных системы распределения электроэнергии, что позволит перевести системы электроснабжения ВС на эксплуатацию по состоянию. Внедрение полученных результатов позволит провести модернизацию перспективных отечественных ВС, что в итоге повысит их эксплуатационную надежность и обеспечит поддержание заданного уровня безопасности полетов.

Значимость результатов, полученных автором диссертации, для развития соответствующей отрасли науки определяется тем, что разработанные в работе методики синтеза эквивалентных схем замещения по АЧХ входного импеданса оборудования, идентификации параметров схем замещения на основе анализа переходных процессов и применение цифровых двойников открывают новое направление в теории диагностирования систем авиационного оборудования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные результаты могут быть использованы в деятельности ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация», АО «Вертолеты России», авиастроительных компаний: ПАО «Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина», ПАО «Туполев», АО «Авиационная холдинговая компания «Сухой», АО «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ», ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут», АО «Национальный центр вертолетостроения имени М.Л. Миля и Н.И. Камова», предприятий, осуществляющих разработку систем электроснабжения ВС: АО «Аэроэлектромаш», холдинг «Технодинамика», АО «Уфимское агрегатное производственное объединение», в научно-исследовательской работе ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации», ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации, в учебном процессе авиационных учебных заведений.

Степень достоверности полученных результатов исследования

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- корректным использованием известных апробированных методов и законов электротехники и технической диагностики;
- совпадением с результатами исследований, выполненных другими авторами, и результатов эксперимента с расчетными данными.

Апробация результатов исследования

Диссертационная работа прошла достаточную апробацию на всероссийских и международных научных конференциях и семинарах. Материалы диссертационного исследования опубликованы в 8 печатных работах: 2 научные статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки РФ, 6 научных статей опубликованы в других изданиях, 1 отчет НИР, 7 докладов автором на всероссийских и международных научно-технических и научно-практических конференциях.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Диссертация и автореферат изложены ясным и понятным научным языком. Применяемые в работе базовые теоретические методы и порядок их использования описаны достаточно подробно. Автореферат содержит основные положения работы и выводы, соответствует основному содержанию диссертации и позволяет оценить уровень квалификации автора.

Оформление автореферата и диссертации соответствует предъявляемым к ним требованиям ГОСТ и Минобрнауки России.

Материалы, представленные в автореферате, соответствуют содержанию диссертации, и дают полное представление о работе.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Анализ материалов, представленных в автореферате и диссертации, позволяет утверждать, что основные положения, выносимые на защиту, получены лично автором.

Замечания по диссертации

1. В работе не рассмотрено исследование режимов работы встроженных источников питания для определения предельных отклонений реактивных параметров от заданных значений, определяющих предотказные состояния, обеспечивающих возможность эксплуатации систем электроснабжения ВС по состоянию до предотказного состояния с контролем параметров;

2. В работе не сформированы требования к программному обеспечению локальных центров управления нагрузкой, к цифровым устройствам измерения напряжения и тока, разрядности и быстродействию используемых микропроцессоров для реализации предложенного метода.

3. Исследование возможности синтеза электрических схем замещения на основе анализа амплитудно-частотных характеристик следует рассмотреть более детально, для схем различного типа сложности, анализируя при этом не только их топологические свойства.

Приведенные выше замечания и недостатки не снижают положительной оценки представленной диссертационной работы и ее научной и практической значимости. Приведенные в работе выводы соответствуют содержанию выполненных исследований и адекватно отражают результаты решения поставленной в работе научной задачи.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении учетных степеней

Диссертационная работа Павловой В.И. содержит новое решение актуальной научной задачи по разработке метода диагностирования приемников электроэнергии на основе имеющейся в цифровых интеллектуальных системах распределения электроэнергии информации о мгновенных значениях потребляемого тока и напряжения питания, основанного на применении цифровых двойников приемников электроэнергии и анализе переходных процессов при коммутации, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие экономики страны, и имеющее существенное значение для укрепления обороноспособности страны.

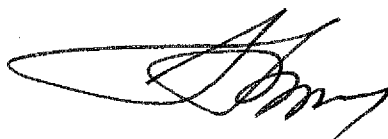
Диссертация соответствует паспорту специальности 2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники, раздел «Области исследований»: по пункту 4 – «Разработка и совершенствование методов контроля, проведения летных и наземных испытаний, диагностирования и прогнозирования технического состояния авиационной техники на всех этапах ее жизненного цикла»; по пункту 8 – «Повышение надежности, контролепригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности, исправности и работоспособности воздушных судов и систем навигации».

Диссертация Павловой В.И. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 26.01.2023), требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Павлова Виктория Игоревна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Результаты диссертационной работы и отзыв рассмотрены и одобрены на заседании 5 научно-исследовательского управления научно-исследовательского центра (г. Люберцы) федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации, протокол № 9 от 19 сентября 2023 г.

Врио начальника 5 научно-исследовательского управления
кандидат технических наук

«20» сентября 2023 г.



А.Журинский

Ведущий научный сотрудник 61 научно-исследовательского отдела
доктор технических наук, старший научный сотрудник

«22» сентября 2023 г.



Ю.Попов

Ведущий научный сотрудник 52 научно-исследовательского отдела
кандидат технических наук, доцент

«24» сентября 2023 г.



В.Иванов

Сведения об ученых научно-исследовательского центра (г. Люберцы) федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации, подготовивших отзыв:

1. Журинский Алексей Александрович, врио начальника 5 научно-исследовательского управления, кандидат технических наук, т. +7(916)1846355;

2. Попов Юрий Васильевич, ведущий научный сотрудник 61 научно-исследовательского отдела, доктор технических наук, старший научный сотрудник, т. +7(916)3844873;

2. Иванов Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник 52 научно-исследовательского отдела, кандидат технических наук, доцент, т. +7(916)6252493.

Адрес: ул. 3-е Почтовое отделение, д. 104, г. Люберцы, Московская обл., 140003.