

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Притулкина Алексея Андреевича** «Способы и устройства ликвидации аварийных дуговых разрядов в авиационных сетях переменного тока» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертационной работы. Представленная диссертационная работа Притулкина А.А. посвящена разработке способов и устройств обнаружения и ликвидации аварийных дуговых разрядов в авиационных электросетях переменного тока, реализованные как дополнение к транзисторным аппаратам защиты и коммутации. В ходе выполнения диссертационного исследования были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ и классификация известных методов обнаружения и ликвидации аварийных дуговых разрядов в наземных и бортовых электросетях переменного тока; оценена их применимость в условиях авиационных систем переменного тока.

2. Разработаны способы и технические средства индикации и ликвидации дуговых разрядов параллельного типа с использованием новых функциональных возможностей транзисторных автоматов защиты от токовых перегрузок.

3. Проведены дополнительные теоретические и экспериментальные исследования дуговых разрядов последовательного типа в сетях переменного тока с учетом воздействия механических вибраций на электрические процессы в дуге.

4. Разработан набор альтернативных электронных схем с функциями обнаружения последовательного дугового разряда по его характерным внутренним и внешним признакам. Определен вариант индикатора, наиболее рациональный в условиях авиационных электросистем переменного тока.

5. Модифицирован существующий транзисторный аппарат защиты и коммутации переменного тока, расширены его возможности блоками индикации и ликвидации аварийных дуговых разрядов параллельного и последовательного типов.

Предложенные автором решения не только расширяют представление о свойствах последовательного дугового разряда в условиях авиационных электросетей переменного тока, но и позволяют заложить основу для дальнейшего совершенствования способов их обнаружения, а также создания

Отдел документационного
обеспечения МАИ

автоматов защиты и коммутации с функцией индикации и ликвидации дуги с минимальной вероятностью ложных срабатываний.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемых источников. Основная часть работы изложена на 160 страницах, в том числе 90 рисунков и 6 таблиц. Список используемых источников включает 108 наименований. Общий объем работы – 172 страниц.

В первой главе изложены результаты анализа известных методов обнаружения и ликвидации аварийных дуговых разрядов в наземных и бортовых электросетях, которые обнародованы в открытой печати в виде фундаментальных научных трудов, технических отчетов, обзоров, научно-технических статей, патентной литературы, начиная с 1998 года. Проведена классификация ранее опубликованных исследований. Установлено, что наибольшее число публикаций посвящено методам обнаружения дугового разряда, реализованным как дополнение к автоматам защиты сети для промышленных и бытовых электросетей переменного тока, что объясняется их широкой распространенностью. Кроме того, опубликованы ряд исследований, направленных на создание автоматов защиты и коммутации постоянного тока для применения в области перспективных автомобильных, а также в первичных СЭС, в которых в качестве источника используются солнечные батареи.

Количество публикаций, посвященных способам защиты авиационных электросетей от аварийных дуговых разрядов относительно невелико. Данный факт объясняется наличием ряда неблагоприятных условий для работы средств защиты от дугового разряда: наличие широкополосных сетевых помех как от бортовой аппаратуры, так и от внешних источников, наличия импульсно-периодических нагрузок, присутствие большого числа информационных и радиочастотных кабелей, отсутствие выделенного нулевого (минусового) провода, в качестве которого используется каркас ЛА.

Обнаружено, что подавляющее большинство публикаций направлено на создание блоков обнаружения дугового разряда для модернизации существующих тепловых автоматов защиты и коммутации. Практически не рассматривается применение транзисторных автоматов защиты и коммутации с использованием их диагностических возможностей для обнаружения аварийных токов нагрузки, их ограничения и отключения.

Установлено, что рассмотренные публикации не содержат исчерпывающей технической информации, которая могла бы стать отправной точкой для теоретической и прикладной реализации схем и алгоритмов обнаружения и ликвидации аварийных дуговых разрядов в авиационных сетях переменного тока.

Во второй главе представлены функциональная схема и имитационная компьютерная модель модернизированного транзисторного аппарата защиты и коммутации (АЗК) электросетей для переменного тока с функцией ограничения тока нагрузки. Предложен метод ликвидации аварийного дугового разряда параллельного типа, основанный на способности транзисторных аппаратов защиты к амплитудному ограничению тока.

Установлено, что применение регулируемого уровня ограничения тока нагрузки в разрабатываемом устройстве не представляется возможным ввиду существенного влияния схемы на работу блока амплитудного ограничения переходных токов.

С помощью имитационного компьютерного моделирования была подтверждена возможность коммутации при коммутации активных, активно-индуктивных, смешанных типов нагрузок, а также нагрузок типа «вторичный источник питания» в щадящем для силового транзисторного ключа режиме и без искажения формы кривой тока. Также была подтверждена возможность амплитудного ограничения переходных токов при коммутации указанных типов нагрузок и способность транзисторного АЗК ликвидировать параллельную дугу с помощью встроенной функции ограничения токовых перегрузок.

В третьей главе исследованы характерные свойства последовательного дугового разряда в авиационных электросетях переменного тока. Установлено, что данный тип дугового разряда может возникать в электросетях при ослаблении болтовых соединений электрических контактов или при изломе жилы без нарушения изоляции.

С помощью лабораторного стенда собственной разработки определено, что возникновение последовательных дуговых разрядов в сетях переменного тока происходит при величине напряжения не равном нулю; горение последовательной дуги носит периодический характер с прекращением дугообразования при токах и напряжениях близких к нулю, и повторным зажиганием при напряжениях отличных от нуля. При этом параметры напряжения повторного зажигания дуги изменяются случайным образом.

Экспериментальным путем определено, что горение последовательного дугового разряда может происходить в двух фазах: резистивной и плазменной, – которые могут чередоваться хаотическим образом. При этом обнаружено, что наличие широкополосной механической вибрации в диапазоне от 0 Гц до 2000 Гц (характерные для конструкций ЛА) приводит к возникновению широкополосного шума с хаотическим изменением параметров в канале тока и напряжения вне зависимости от материалов электродов и фазы горения дуги, что позволило для дальнейшей разработки сконцентрироваться на способе

обнаружения последовательной дуги по наличию хаотического широкополосного шума в канале тока и напряжения.

В четвертой главе изложены принципы построения, функциональные схемы и имитационные компьютерные модели методов обнаружения последовательной дуги по факту наличия хаотических изменений её параметров. Проведен сравнительный анализ для методов обнаружения хаоса по следующим критериям: помехочувствительность, быстродействие, сложность реализации на реальных компонентах. Для дальнейшей реализации блока обнаружения и ликвидации последовательной дуги в составе прототипа транзисторного автомата защиты и коммутации выбран метод обнаружения хаотического шума в канале тока с помощью амплитудно-частотного детектора

Кроме того, в рамках исследования методов обнаружения последовательной дуги была разработана имитационная компьютерная модель временных диаграмм тока и напряжения последовательного дугового разряда, предназначенная для сокращения трудоёмких манипуляций с реальной дугой.

В процессе разработки модели были проанализированы несколько типов генераторов хаоса, для каждого из которых были разработаны имитационные компьютерные модели, проработаны технические средства их реализации на реальных компонентах, проведен их анализ по критериям реализуемости на реальных компонентах и по величине затрат вычислительной мощности на проведение компьютерного моделирования схемы.

В пятой главе изложены результаты лабораторных исследований и разработки макета транзисторного аппарата защиты и коммутации сети переменного тока с функцией обнаружения и ликвидации дугового разряда, подтверждающие корректную работу транзисторного АЗК при переменном токе с частотой 50Гц и 400 Гц.

Определен состав и конструктивное разделение макета транзисторного АЗК, состоящий из платы управления, силового транзисторного ключа и блока обнаружения и ликвидации дуговых разрядов. Разработаны функциональные и структурные схемы, электрические принципиальные схемы макета, трассировка печатных плат.

Отмечено, что макет транзисторного АЗК собран на отечественной элементной базе (кроме силового транзисторного ключа), в качестве операционных усилителей был выбран ОУ типа К574УД2Б

Установлено, что разработанная схема транзисторного АЗК позволяет реализовать плату управления и блок обнаружения дуги на основе технологии базовых матричных кристаллов, что приближает массо-габаритные параметры

транзисторного АЗК к параметрам цифровой техники, без необходимости проведения дополнительных работ по экранированию.

Следует отметить, что работоспособность макета была проверена только для активных нагрузок, ввиду отсутствия в лаборатории мощных авиационных потребителей переменного тока с другими характеристиками. Требуется проверка работоспособности макета с активно-индуктивными, емкостными нагрузками и нагрузками типа «вторичный источник питания». Кроме того, требуется оценка помехочувствительности разработанного макета при работе в условиях систем электроснабжения на борту ЛА.

Практическая значимость результатов диссертационной работы:

1. Результаты анализа известных методов и средств технической реализации индикации и ликвидации аварийных дуговых разрядов в наземных и бортовых электросетях переменного тока.

2. Описания портативных стендов, предназначенных для экспериментального исследования характерных признаков устойчивых и прерывистых дуговых разрядов.

3. Имитационные компьютерные модели устройств синтеза временных диаграмм тока и напряжения последовательной дуги переменного тока, а также «генераторов хаоса».

4. Имитационные компьютерные модели и лабораторные макеты блоков обнаружения последовательной дуги.

5. Имитационная компьютерная модель и лабораторный макет транзисторного аппарата защиты и коммутации переменного тока с функцией обнаружения и ликвидации параллельных и последовательных аварийных дуговых разрядов.

Замечания по диссертационной работе:

1. Все таки не достаточно раскрыты особенности бортовых авиационных систем электроснабжения, приведенный аргумент «из-за внедрения перспективных СЭС с повышенным напряжением переменного тока 230/400 В» не может являться фактором сложности, так как данные показатели ближе к общепромышленным сетям, где есть значительное распространение аппаратов защиты.

2. На стр.28 при рассмотрении последовательного и параллельного дугового разряда указано, что «последовательный дуговой разряд является редко встречающимся видом отказа... Параллельный дуговой разряд является более распространенным отказом...». Диссертации не хватает обоснований

данных выводов, а также возникает вопрос, почему в качестве основного направления создания имитационных моделей и экспериментального образца выбран именно последовательный дуговой разряд.

3. Диссертационная работа не достаточно вычитана, так на рис.2.2 приводится Функциональная схема транзисторного АЗК, из которой абсолютно не понятно назначение источника V1 и соответственно назначение сигнала на блоки функциональной модели. Функциональная модель должна описывать функции и назначение, а не содержать элементы электрических схем или моделей.

4. Работе не хватает анализа надежности самого АЗК, транзистора осуществляющего коммутацию тока нагрузки, анализа области его безопасной работы.

5. В главе 2.1. приводится имитационное моделирование процессов коммутации нагрузок транзисторным ключом, при этом рассматривается и RL и RC тип нагрузок. Однако не рассмотрены предельные типы нагрузок, чисто емкостной или чисто индуктивной, равно как и какие либо ограничения при тех или иных соотношениях реактивной и резистивной составляющей.

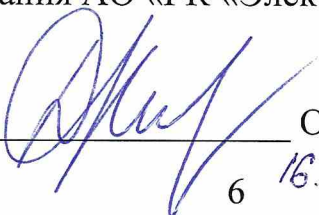
Заключение по диссертационной работе:

Диссертационная работа Притулкина Алексея Андреевича «Способы и устройства ликвидации аварийных дугowych разрядов в авиационных сетях переменного тока», несмотря на вышеуказанные замечания, выполнена на высоком научном уровне и безусловно является актуальной и представляет научный и технический интерес.

Диссертация Притулкина А.А. по актуальности, новизне, содержанию и практической значимости соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Притулкин Алексей Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, заместитель Главного конструктора по системам электропитания АО «ГК «Электронинвест»



Овчинников Денис Александрович

6 16.08.2022

Подпись Овчинникова Дениса Александровича заверяю.

Начальник отдела управления персоналом
АО «ГК «Электронинвест»



Веселова Е.О.

Контактная информация:

Адрес: 124496, г. Москва, Зеленоград г., 4922-й проезд, д. 4, стр. 2, этаж 2, ком. 19.

Тел.: 8 (499) 553-05-65

Эл. Почта: info@elin-gk.ru

Сайт организации: www.elin-gk.ru

С ответом ознакомлен 18.08.2022

A handwritten signature in blue ink, which appears to be "А. А. Притюлин".

А. А. Притюлин