

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ермилова Юрия Владимировича «Исследование и разработка аппаратов регулирования, защиты и коммутации для систем электроснабжения полностью электрифицированных самолетов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электромеханические комплексы и системы».

Актуальность темы диссертации. Повышение уровня электрификации современных самолетов приводит к необходимости новых подходов к проектированию перспективных авиационных бортовых систем электроснабжения (СЭС). Одним из перспективных направлений развития СЭС можно считать внедрение системы распределения постоянного повышенного напряжения (СППН) 270В или 540В. В качестве её основных преимуществ рассматриваются: возможность исключения гидроприводов постоянной частоты вращения (ППЧВ) для магистральных генераторов; возможность горячего резервирования в случае выхода из строя генератора; относительная простота параллельной работы магистральных каналов питания; высокое качество электроэнергии и сокращение числа последовательных звеньев преобразования напряжения. Однако при этом появляется проблема существенной сложности коммутации в системе СППН, обусловленная оснащением сетевых контакторов громоздкими дугогасительными камерами. В настоящее время эффективное решение подобных технических проблем, связанное с необходимостью импортозамещения, требует разработки новых высокоэффективных альтернативных технических решений, основанных, в свою очередь, на новых научных разработках. Диссертационная работа Ермилова Ю.В., на наш взгляд, позволяет решить часть вопросов данной проблемы. Таким образом, тема рассматриваемой диссертационной работы является актуальной и представляет научный и практический интерес.

Новизна и научное значение диссертации. Наиболее важными результатами диссертации можно считать разработанные автором:

- способ обеспечения максимального быстродействия процесса аварийной коммутации, позволяющий в достаточной мере сократить выделяемую за время выключения тока в СППН источником энергию, адиабатно поглощаемую в выключающем аппарате;
- принцип и алгоритм управления напряжением коммутационных шин для штатной коммутации и устройств селективной защиты от короткого замыкания;
- принцип построения обратимых импульсных конверторов, обеспечивающий существенное снижение инерционности процесса изменения направлений преобразования энергии и повышающий качество регулирования;

▪ компьютерную модель комбинированного аппарата защиты и коммутации в программе *MultiSim 10, (Electronics Workbench)*.

К **практической значимости диссертации** следует отнести

- Разработанные автором и защищенные приоритетом Российской Федерации схемные решения : комбинированный аппарат защиты и коммутации аварийного расцепления в бортовой СППН; : комбинированный аппарат защиты и коммутации переменного-постоянного токов для процесса рекуперации электромагнитной энергии; многофункциональный аппарат регулирования защиты и коммутации с расширенными функциональными возможностями; обратимый импульсный инвертор с «безынерционным» переключением направления процессов преобразования; импульсный преобразователь напряжений с гальванической развязкой и защитой от «сквозных сверхтоков».

- Разработанную автором компьютерную модель комбинированного аппарата защиты и коммутации, которая может быть использована в процессе оптимизации законов управления на стадиях проектирования и наладки коммутационного оборудования, что позволяет улучшить качество управления.

Достоверность научных положений и выводов диссертации. Можно считать, что достоверность научных положений данной работы базируется на корректном применении известных физических законов электромагнетизма. На основе этих законов разработана автором методика расчета оптимального и квазиоптимального процессов регулирования комбинированного аппарата защиты и коммутации (КАЗК). Адекватность разработанной имитационной модели устройства далее подтверждается результатами исследования процессов коммутации на экспериментальном макете КАЗК.

Содержание и оформление диссертации. Диссертация содержит 133 страницы, включая 61 рисунок и 1 таблицу. По теме диссертации Ю.В. Ермилова опубликовано 5 научных статей и 2 доклада на научно-практических конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, приведены сведения об апробации, публикациях, реализации результатов, практической значимости, научной новизне, положениях, выносимых на защиту, а также представлена структура.

В **первой главе** приведены результаты анализа различных существующих схемотехнических решений аппаратов защиты и коммутации, обозначены проблемы коммутации и защиты бортовых авиационных систем постоянного напряжения, поставлена задача разработки многофункциональных модулей стабилизации постоянного напряжения с функциями аварийной защиты от коротких замыканий.

Во **второй главе** приведены результаты разработки структур и схемотехнических решений, а также алгоритмы решений для аппаратной части устройств регулирования, коммутации и защиты от короткого замыкания

систем постоянного напряжения.

В **третьей главе** представлен качественный анализ процессов «оптимального» и «квазиоптимального» регулирования комбинированного аппарата защиты и коммутации при коротком замыкании. В результате сформулировано условие для обеспечения «оптимального» процесса спада тока короткого замыкания до нуля. Результаты аналитической оптимизации импульсного управления КАЗК, по мнению автора, позволяют создать указанные аппараты с минимальной поглощаемой энергией.

В **четвертой главе** приведены разработанные автором имитационные модели КАЗК и других устройств защиты силовых полупроводниковых ключей. Все имитационные модели выполнены в программной среде *MultiSim 10, (Electronics Workbench)*. Представлены схемы моделей и результаты компьютерного моделирования. По результатам моделирования проведен сравнительный анализ, позволяющий сделать вывод о преимуществе предлагаемого автором технического решения.

В **пятой главе** приведены результаты экспериментальных исследований на макетном образце КАЗК, на основании которых автор делает выводы о величине расхождения характеристик КАЗК, полученных в результате моделирования и физического эксперимента, в интервале 5-10%, что, по мнению автора, является вполне допустимым. На основании вывода об адекватности модели автор формулирует рекомендации к проектированию аварийных переключателей приводит рекомендуемые алгоритмы управления защитной аппаратурой.

Основные замечания по диссертации можно свести к следующим:

1. В работе представлена «упрощенная эквивалентная схема КАЗК» (рис.3.1.1). Однако отсутствует полная принципиальная схема КАЗК, согласно которой создан экспериментальный макетный образец устройства. Поэтому невозможно судить о том на основании какого физического прототипа рарабатывалась схемотехническая имитационная модель устройства. В основе построения схемотехнической имитационной модели должна быть либо соответствующая математическая модель, либо принципиальная или иная схема устройства. Фактическое представление в диссертации материала по этому вопросу существенно усложняет или делает невозможной объективную оценку результатов моделирования.

2. Отсутствует обоснование выбора программной среды моделирования.

3. Из содержания главы 4 и главы 5 совершенно неясно как проводилась параметризация имитационной модели устройства.

4. Из осциллограммы рис.5.1.2 невозможно сделать выводы о качестве верификации модели, т. к. отсутствуют какие-либо количественные данные. Кроме того, отсутствуют обозначения физических переменных (сигналов). Тем не менее, автор делает выводы о погрешности моделирования (5-10%).

5. В тексте диссертации отсутствуют подрисовочные подписи (ко всем

