

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Каляя В.А.

**«СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ВЫСОКООБОРОТНЫХ АВИЦИОННЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты»**

### Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена проблеме создания первичных источников тока на основе высокооборотных синхронных генераторов, отличающихся высокими удельными характеристиками, с параметрами и показателями качества электроэнергии, удобными для эффективного преобразования во вторичных системах электроснабжения летательных аппаратов.

Одним из наиболее перспективных направлений создания конкурентоспособного отечественного самолета является переход к концепции самолета с полностью электрифицированным оборудованием (условное устоявшееся наименование – "полностью электрический самолет" или ПЭС). ПЭС – это самолет, имеющий цифровую систему управления полетом, электромеханические приводы и электрическую вторичную систему питания.

ПЭС требует увеличения мощности, как электрогенераторов (до 200 кВА и более), так и системы электроснабжения (СЭС) в целом (до 1500 кВА). Кроме того, на ПЭС намечается осуществить переход к СЭС переменного тока напряжением 230/400 В переменной частоты 360-800 Гц, где генераторы приводятся во вращение непосредственно от редуктора авиадвигателя и имеют более высокую частоту вращения и меньший диапазон ее изменения.

Таким образом, актуальность выполненной работы определяется требованиями научно-технического прогресса в области как разработки непосредственно высокооборотных синхронных генераторов, так и в создании

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

системы проектирования высокоэффективных авиационных генераторов для систем электроснабжения перспективных летательных аппаратов, в том числе и ПЭС.

**Основные результаты работы**, определяющие ее научную новизну, следующие:

1. Разработаны:

- методика определения главных геометрических размеров высокооборотного синхронного генератора, основанная на применении метода неградиентного случайного поиска с обучением по способу Д.И. Гладкова;

- методика имитационного моделирования режимов работы синхронного генератора, основанная на совместном решении двух типов динамического моделирования;

- методика оптимального проектирования высокооборотного синхронного генератора с электромагнитным возбуждением, основанная на локальном применении параметрических методов поиска однозначно определенного критерия оптимальности на разных этапах проектирования;

2. Определена расчетная допустимая область главных размеров высокооборотного синхронного генератора с электромагнитным возбуждением с номинальной мощностью 250 кВА и выше;

3. Предложена методология оптимального проектирования высокооборотных синхронных генераторов как совокупность упорядоченных методов разработки конструкции на этапе технического проектирования. Приведены теоретические и экспериментальные данные, подтверждающие основные положения разработанной автором методологии оптимального проектирования высокооборотных генераторов с электромагнитным возбуждением.

Таким образом научная новизна работы заключается в разработке научно обоснованных технических решений для обеспечения проектирования энергоэффективных систем генерирования электроэнергии летательных аппаратов нового поколения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики России и повышению ее обороноспособности.

**Практическая значимость** данной работы состоит в том, что разработанные методы определяют методологию проектирования синхронных авиационных генераторов для перспективных систем электроснабжения авиационной техники. Разработанные автором методы позволили создать ряд электромеханических источников энергии, сформировать систему их проектирования, отвечающую современным задачам и требованиям.

Следует отметить, что одним из практических результатов работы стало создание отвечающей современным требованиям системы генерирования перспективного российского лёгкого транспортного самолёта нового поколения Ил-112В. Первый испытательный полет Ил-112В с установленной системой генерирования состоялся в 2019 году с аэродрома Воронежского авиастроительного предприятия. Результаты работы системы генерирования при первом полете Ил-112В докладывались на конференции «ОБСУЖДЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЗАМЕНЫ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА АН-26 НА ЛЕГКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ САМОЛЕТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЛ-112В» в рамках Международного военно-технического форума «АРМИЯ-2019».

**Достоверность и обоснованность** разработанной автором системы оптимального проектирования высокооборотных синхронных генераторов, теоретико-методические основы их разработки подтверждаются результатами моделирования, натурными испытаниями и опытно-промышленной эксплуатацией на воздушных судах нового поколения.

**По автореферату можно сделать следующие замечания:**

1. Не представлены теоретические и практические выводы возможности применения разработанной концептуальной основы системного комплексного решения проблемы создания электромеханических преобразователей энергии летательных аппаратов нового поколения, в том числе ПЭС, при процессе проектирования стартерного режима работы генераторов. Реализация стартерного и генераторного режима работы в высокоскоростном синхронном генераторе большой мощности является достаточно актуальной задачей, так как многочисленные исследования как в России, так и за рубежом показали, что на ПЭС целесообразно использовать бесконтактные стартер-генераторы, обеспечивающие как запуск авиадвигателя, так и генерацию электрической энергии.

2. Система проектирования синхронного генератора, показанная на рисунке 2, не содержит этапа оценки надежности генератора. Опыт проектирования электромеханических преобразователей энергии показывает, что по результатам оценки надежности может потребоваться конструктивное изменение изделия, соответственно данный этап обязателен в процессе проектирования.

3. Не упоминается о результатах тепловых экспериментальных данных для опытного образца генератора ГСР-40НЧ, которые позволили бы провести анализ и дать заключение по результатам оптимизации тепловых процессов генератора с целью уменьшения его массы.

4. В четвертой главе автор констатирует, что "...тепловые и гидравлические расчеты экспериментального образца ГСР-90/120 показали, что в полученном объеме тепловая мощность достигает предельных значений в самых нагруженных элементах – обмоточных проводах в индукторе основного генератора."

Данный вывод сделан на основе математического моделирования с использованием в качестве исходных данных геометрической модели

генератора, согласно разработанной 3D-модели. При этом для расчетов температур в элементах генератора использовались граничные условия 3-го рода. Однако экспериментальные данные генератора ГСР-90/120, подтверждающие сделанный вывод, автор в автореферате не приводит. В связи с этим, вызывает интерес в проведении сопоставительного анализа результатов, полученных расчетным и опытным путем.

5. Имеются некоторые неточности по тексту автореферата:

- рисунок 8 – опечатка в названии рисунка. На основании ГОСТ РВ 15.203-2001 по результатам предварительных испытаний конструкторской документации присваивается литера «О», а не литера «О1»;

- таблица 2 – уточнение терминологии: указано «3-кратное КЗ», вероятно имеется ввиду «режим 3-х фазного КЗ при кратности установившегося тока не менее 3»;

- таблица 5 – полная мощность при частоте 800 Гц ниже суммарных потерь – вероятно опечатка.

6. В качестве предложения рекомендуется провести исследование по оценке временных затрат и экономических показателей на выполнение ОКР с применением предлагаемой автором методологии оптимального проектирования высокооборотных синхронных генераторов.

Данное исследование позволит подчеркнуть высокую эффективность системы проектирования применительно к современным требованиям по срокам реализации ОКР.

### **Заключение**

В целом, диссертационная работа Каля В.А. является законченным исследованием, в котором решена актуальная задача создания первичных источников тока на основе высокооборотных синхронных генераторов, имеющая важное значение для построения систем электроснабжения перспективных летательных аппаратов. По объему и научному уровню полученных результатов диссертационная работа удовлетворяет требованиям

ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Калий Валерий Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Отзыв составили:

Заместитель генерального директора-  
технический директор  
АО "Электропривод", к.т.н.



Власов Андрей Иванович

Ведущий конструктор –  
руководитель проекта  
АО "Электропривод", к.т.н.



Опалев Юрий Геннадьевич

Инженер-конструктор 1 категории  
АО "Электропривод", к.т.н.



Панихин Михаил Викторович

Подписи заверяю  
Начальник отдела ДОУ - референт



Гордиенко Наталья Григорьевна

Сведения об организации:

Акционерное общество "Электропривод"  
Октябрьский пр-т 24, г. Киров, Россия, 610006,  
E-mail: mail@epv.ru