

## **О Т З Ы В**

на автореферат диссертации

**Иванникова Юрия Николаевича**

**«Повышение энергетической эффективности  
активного электромагнитного подшипника»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности**

**05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты**

Иванниковым Ю. Н. выполнена диссертационная работа на актуальную для теории и практики электрических машин с быстроходными роторами тему.

В автореферате четко сформулированы цели и задачи, позволяющие оценить уровень работы и глубину проработки темы.

### **Методология и методы исследования**

Для решения поставленных задач использовались аналитические методы общей теории электромеханических преобразователей энергии, математическое моделирование электромагнитных, газодинамических и тепловых процессов осуществлялось с использованием аналитических и численных методов расчета физических полей на основе метода конечных элементов.

**Обоснованность и достоверность научных положений** работы обеспечивается строгим выполнением математических преобразований, принятием признанных допущений, использованием современных математических моделей и пакетов программ. Адекватность результатов и выводов подтверждается согласованностью с опубликованными результатами работ других авторов и численным моделированием на 3D моделях.

**Научная новизна** работы представлена следующими результатами:

- 1) уточнена методика аналитического расчета потерь в электромагнитах активных электромагнитных подшипников, отличающаяся учетом потерь от высших пространственных и временных гармоник поля, а также добавочных магнитных потерь, вызванных откликом системы на возмущающее воздействие от вибраций ротора;
- 2) предложена методика расчета теплового поля радиального активного электромагнитного подшипника нагнетателя ГПА с учетом

специфики электромагнитных и газодинамических процессов, происходящих при его работе;

3) разработана уточненная трехмерная математическая модель газодинамических и тепловых процессов в радиальном активном электромагнитном подшипнике, отличающаяся учетом турбулентности потоков охлаждающего агента.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что полученные результаты позволяют:

1) использовать уточненные значения параметров, полученных аналитическими методами и в результате численного моделирования, для синтеза систем управления электромагнитными подшипниками газонагнетателей мощностью 8 – 25 МВт;

2) повысить энергоэффективность активных электромагнитных подшипников на 10,8 % за счет снижения наиболее значимых потерь;

3) разработанные конструктивные решения позволяют исключить зоны локальных перегревов и, следовательно, повысить надежность активных электромагнитных подшипников.

#### **Использование и внедрение результатов**

Результаты диссертационного исследования использовались при выполнении НИР «Математическое обеспечение системы управления электромагнитными подшипниками ротора нагнетателя газоперекачивающего агрегата» с ООО Фирма «Калининградгазприборавтоматика» г. Калининград, в которой автор участвовал в качестве исполнителя, в части создания математической модели ЭМП СУМП-М «Неман-100». Указанные результаты способствовали увеличить надежность агрегата и сократить число плановых и аварийных простоев ГПА.

Результаты диссертации в виде математических и имитационных моделей используются в учебном процессе Самарского государственного технического университета при подготовке бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика и электротехника» в курсе специальных электрических машин.

**Работа прошла апробацию**, поскольку ее результаты опубликованы в одиннадцати печатных работах, в том числе одна статья в издании, индексируемом в базе *Scopus*, пять статей в изданиях из Перечня ВАК РФ, а также докладывались и обсуждались на Всероссийских и международных научно-технических конференциях и форумах.



**Автореферат** написан литературным языком с использованием терминологии, принятой в данной отрасли науки и техники. Стиль изложения – доказательный.

**По автореферату имеются следующие замечания:**


- 1) из текста к рисунку 1 на стр. 10 автореферата не ясно, учитывалось ли насыщение магнитной системы;
- 2) автор не поясняет, почему в формуле (10) осуществляется привязка высших гармоник к основной гармонике;
- 3) проводилось ли экспериментальное исследование, подтверждающее результаты на рисунках 5,6.

Оценивая уровень работы в целом, можно заключить, что выполненная диссертационная работа является завершенной, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Иванников Юрий Николаевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Зав. кафедрой электропривода и электротехники  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет», д. т. н., доцент, научная специальность  
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

  
Макаров Валерий Геннадьевич

Доцент кафедры электропривода и электротехники  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет», к. т. н., доцент, научная специальность  
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

  
Цвенгер Игорь Геннадьевич



ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра электропривода и электротехники  
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, 68  
тел. (843) 231-41-27  
e-mail: [electroprivod@list.ru](mailto:electroprivod@list.ru)