

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Власова Алексея Михайловича «**Электротехническая система  
магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей**»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

### **Актуальность темы диссертации**

Диссертация Власова Алексея Михайловича «Электротехническая система магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей» посвящена проблемам повышения рабочих характеристик уплотнительных устройств, специальных электродвигателей, отличающихся повышенной степенью герметизации: взрывозащищенных, искробезопасных, рудничных, шахтных и др. Такие электродвигатели, как правило, работают в условиях запыленности и присутствии горючих газов. Ключевое значение в обеспечении бесперебойной и надежной работы таких электродвигателей имеют уплотнительные устройства. Роль уплотнений здесь не ограничивается лишь защитой электродвигателя, поскольку попадание внутрь его объема, например, горючих газов может привести к пожару или взрыву на производстве. Поэтому, исследования в области применения магнитожидкостных систем герметизации валов для регулируемых электродвигателей, включающие в себя разработку электротехнической системы управляемой магнитожидкостной герметизации валов, разработку модели и алгоритмов управления, моделирование компонентов и расчетные исследования их свойств, экспериментальные исследования системы магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей представляют интерес и являются актуальными.

### **Структура, объём и содержание диссертационной работы**

Текст диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, состоящего из 122 наименований и двух приложений, включающих в себя патенты на изобретения, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и акты внедрения результатов диссертационной работы. Общий объём работы составляет 155 страниц машинописного текста, содержащего 99 иллюстраций и 25 таблиц.

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации и степень её разработанности, представлены цель работы, задачи исследования, научная новизна, практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов.

**В первой главе** выполнен обзор существующих уплотнительных систем и электродвигателей с повышенной степенью герметизации. Описаны нелинейные характеристики МЖ. Проведен анализ применимости магнитожидкостных систем герметизации валов для регулируемых электродвигателей (ЭД). Сформулированы задачи исследования.

**Во второй главе** выполнена разработка управляемой электротехнической системы магнитожидкостной герметизации валов, регулируемых ЭД, обеспечивающая изменение характеристик МЖГ при изменении режима работы.

Сформирована и обоснована элементная структура электротехнической системы. Выбраны способ и средства управления. Разработаны схемы управления и функционирования электротехнической системы и проведен их анализ. Разработаны и запатентованы конструктивные решения управляемых МЖГ для герметизации валов регулируемых электродвигателей.

**В третьей главе** проведен анализ системных связей элементов в электротехнической системе. Представлены математическая модель и алгоритм формирования управляющих воздействий в электротехнической системе на основе расчета свойств МЖГ. Рассмотрено применение методов планирования эксперимента для формализации системных связей в системе магнитожидкостной герметизации. Разработаны имитационные модели электротехнической системы магнитожидкостной герметизации валов, регулируемых ЭД, позволяющие моделировать работу системы при изменении частоты вращения, перепада давлений и температуры. Разработанная программа обеспечивает автоматизированное управление свойствами МЖГ в зависимости от режима работы ЭД.

**Четвертая глава** посвящена уточнённому моделированию компонентов электротехнической системы и расчетному исследованию их свойств. Для взрывозащищенного АД ВРАБ225 с КЗ ротором мощностью 37 кВт со штатным МЖГ без регулирующих обмоток, выпускаемого Ярославским электромашиностроительным заводом «ЭЛДИН», проведено уточненное моделирование влияния торцевого магнитного потока рассеивания от токов в лобовых частях обмоток статора и ротора электродвигателя на свойства МЖГ. Выполнен расчетный анализ созданной физической модели управляемого МЖГ с комбинированным магнитоэлектрическим возбуждением в целях исследования влияния регулирующей обмотки на свойства МЖГ. С использованием моделирования магнитного поля найдены критическое положение МЖ и ее форма. Выявлены изменения критического удерживаемого перепада давлений и момента трения МЖГ при изменении частоты вращения вала с учетом возможного перераспределения магнитных частиц в неоднородном магнитном поле МЖГ и изменения структуры магнитных частиц. Проведен уточненный анализ теплового состояния МЖГ при изменении частоты вращения. Проанализировано влияние шероховатости поверхностей конструктивных элементов МЖГ, контактирующих с МЖ, на распределение магнитного поля и момент трения МЖГ. С использованием методов планирования эксперимента сформированы нелинейные соотношения, определяющие влияние вязкости МЖ, частоты вращения, шероховатостей поверхности и времени работы на момент трения и температуру МЖ.

**В пятой главе** представлены технологические способы на уровне двух патентов на изобретение, повышения работоспособности МЖГ, обеспечивающие снижение момента трения, повышение износостойкости и срока службы, надежности. Проведены экспериментальные исследования разработанной физической модели управляемой электротехнической системы магнитожидкостной герметизации валов, регулируемых ЭД. Экспериментально определено влияние конструктивных и режимных параметров на показатели МЖГ – момент трения и температуру МЖ. Опытным путем подтверждена возможность регулирования критического удерживаемого перепада давлений МЖГ при управлении током регулирующей обмотки. Методами планирования эксперимента сформированы линейные

математические модели. Представлен разработанный усовершенствованный МЖГ для взрывозащищенного АД ВРАБ225, испытания которого в условиях завода подтвердили повышенную эффективность герметизации вала.

**В заключении** приведены основные результаты и общие выводы по работе, отмечено достижение цели.

Автореферат диссертации сформирован в соответствии с предъявленными требованиями, полностью отражает содержание диссертации, позволяет провести анализ основных выводов и положений.

### **Новизна проведенных исследований и полученных результатов**

Основным научным результатом, полученным автором в рамках проведенных исследований, является разработанная управляемая электротехническая система герметизации валов регулируемых электродвигателей. Новизна заключается в применении управляемых магнитожидкостных герметизаторов и изменении свойств уплотнительной системы при изменении внешних воздействий, режимов и условий работы.

Разработаны способ, алгоритм, условия и программа управления системой магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей, с возможностью управления свойствами герметизаторов для безопасной эксплуатации электродвигателей.

Разработаны компьютерные и имитационные модели компонентов электротехнической системы магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей с учетом влияния электромагнитных процессов в электродвигателе, свойств герметизатора, частоты вращения, магнитных и жидкостных свойств магнитной жидкости, перепада давлений, температуры.

Научная новизна результатов подтверждается свидетельством о государственной регистрации программы управления электротехнической системой для ЭВМ и патентами на изобретения.

### **Значимость полученных результатов для науки и практики**

Научная и практическая ценность диссертации заключается в разработке электротехнической системы магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей, позволяющей осуществлять регулируемое изменение уплотнительных свойств системы при изменении режима и условий работы электродвигателей, внешних воздействий.

Научная и практическая значимость результатов диссертации заключается в предложенных способе, средствах, алгоритме и программе управления, разработанных моделях компонентов и имитационных моделях системы, позволяющих проводить уточненный анализ эффективности герметизации с учетом электромагнитных процессов в электродвигателе, частоты вращения вала, магнитного состояния герметизатора, магнитных и жидкостных свойств магнитной жидкости, перепадов давлений, температуры. Предложенные конструктивные решения позволяют реализовать управляемую электротехническую систему магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей, снизить момент трения герметизаторов, повысить ресурс и надежность, безопасность эксплуатации электродвигателей. Значимость результатов подтверждается актами об

их использовании на производственном предприятии «Ярославского электромашиностроительного завода «ЭЛДИН» и в учебном процессе ИГЭУ по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» по дисциплине «Специальные электромеханические устройства» в виде разработанного усовершенствованного герметизатора для взрывозащищенного электродвигателя. Практическая значимость предложенных технических решений подтверждается тремя патентами на изобретения.

### **Степень достоверности результатов работы**

Достоверность и обоснованность изложенных в диссертации выводов и результатов обусловлена использованием строгих математических методов, компьютерным моделированием на основе применения распространенных программных систем. Адекватность результатов подтверждается согласованностью с опубликованными результатами, удовлетворительным совпадением с результатами физического моделирования, внедрением результатов в учебный процесс и на предприятии реального сектора.

**Апробация результатов** диссертации проведена на Российских и Международных научно-технических конференциях. Основные результаты диссертации в полной мере отражены в статьях в журналах по списку ВАК, индексированных в международной базе Scopus, в других публикациях.

**Соответствие диссертации паспорту специальности.** Диссертационная работа Власова А.М. соответствует научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы в части формулы специальности и в части области исследования: п.1, п.3, п.4 и п.5.

### **Замечания и вопросы по диссертации**

1. В схеме управления предусмотрено реле. В случае использования не взрывозащищенного реле оно может стать причиной возгорания или взрыва. Применяемый тип реле в работе не указан.

2. Насколько целесообразным с точки зрения технологии производства является команда на останов агрегата по сигналу датчика давления? Рассматриваемые в работе уплотнения предназначены в первую очередь для разделения объемов и предотвращения попадания внутрь электродвигателя пыли и горючих газов. Перепад давлений снаружи и внутри электродвигателя при этом практически отсутствует. Контроль надежности работы уплотнения по перепаду давлений является не показательным и весьма спорным.

3. Указано, что массивные постоянные магниты удорожают конструкцию. В представленной конструкции твердотельные магниты также присутствуют, а кроме них еще и система подмагничивания. Утверждать, что она будет дешевле, чем дополнительный объем постоянного магнита возможно лишь на основании проведения технико-экономических расчетов.

4. Расчет магнитных характеристик зубцовой зоны МЖГ с учетом различных факторов представляет несомненный интерес, однако при рассмотрении влияния перераспределения температур упускается тот факт, что в МЖ могут происходить конвекционные процессы. Конвекция МЖ может оказывать значительное влияние именно на перераспределение температур и вносить значительные погрешности в расчеты.

5. При анализе теплового поля МЖГ в качестве примера используется АД с частотой вращения 11073,6 об/мин. На каком основании принята такая частота вращения?

6. Насколько оправдано получение полиномов на основании вычислений, если в основе полученных данных лежат расчеты по разработанным ранее математическим моделям, а не данные, полученные в результате экспериментов?

7. В тексте диссертации присутствуют стилистические ошибки и опечатки.

Указанные замечания и вопросы не имеют принципиального характера и не снижают научной и практической значимости диссертации.

### **Заключение по работе**

Диссертационная работа Власова Алексея Михайловича «Электротехническая система магнитожидкостной герметизации валов регулируемых электродвигателей» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором на актуальную тему. Объект и предмет исследований, научная новизна и практическая значимость результатов работы, выносимые на защиту положения соответствуют паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы». Диссертационная работа Власова А.М., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью отвечает квалификационным признакам и принципам соответствия, которые установлены «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Соискатель Власов Алексей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

### **Официальный оппонент:**

доцент кафедры механики, ремонта и деталей машин  
(в составе учебно-научного комплекса «Пожаротушение»)  
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России  
кандидат технических наук, доцент  
«30» 08 2022 г.

А.В. Топоров

Подпись Топорова Алексея Валериевича заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета

Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС  
кандидат исторических наук

«30» 08 2022 г.

А.К. Кокурин

Федеральное государственное бюджетное об- еждение высшего  
разования «Ивановская пожарно-спасатель- . Государственной  
противопожарной службы Министерства России- Федерации по делам  
гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий  
стихийных бедствий»

Адрес: 153040 г. Иваново, пр. Строителей, 33

Тел.: (4932) 26-37-09, e-mail: ironaxe@mail.ru