

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.10 Обухова Сергея Геннадьевича на диссертационную работу **Динь Конг Кюи** на тему «Регулируемая гистерезисная муфта в системе привода запорной арматуры» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты на соискание учёной степени кандидата технических наук.

1. Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 77 наименований, 4 приложений. Основное содержание работы изложено на 126 страницах, включая список литературы, содержит 71 рисунок, 14 таблиц.

Автореферат отражает содержание диссертационной работы в необходимом объеме.

2. Анализ содержания диссертационной работы

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, изложены основные положения, выносимые на защиту, дана общая характеристика работы, приведены сведения об апробации и внедрении результатов исследований.

В **первой главе** дана общая характеристика проблемы повышения надежности и эффективности электроприводов запорной арматуры (ЭПЗА) для трубопроводного транспорта нефти и газа. На основании проведенного анализа режимов работы ЭПЗА обоснованы перспективы применения электромагнитных гистерезисных муфт (ЭМГМ) в составе электроприводов запорной арматуры. Выполнен анализ возможных технических решений гистерезисных муфт для различных областей применения.

Вторая глава работы посвящена разработке методики расчета и имитационной модели электромагнитной гистерезисной муфты. Автором предложены методика и алгоритм расчета геометрических размеров гистерезисных муфт различного конструктивного исполнения, составлены схемы магнитной цепи, проведен расчет магнитных проводимостей, потоков рассеяния и основных магнитных потоков. В программном комплексе ANSYS MAXWELL разработаны 3D модели конструктивных элементов ЭМГМ, построена имитационная модель ЭМГМ, получены статические и анимационные картины распределения полей в асинхронном и синхронном режимах работы.

В **третьей главе** представлены результаты имитационного моделирования ЭМГМ с неподвижной обмоткой управления в асинхронном и синхронном режимах работы. На основе проведенного анализа процессов намагничивания гистерезисного слоя ЭМГМ выполнена оптимизация зубцовой зоны электромагнитной гистерезисной муфты по критерию получения максимального вращающего момента при заданных габаритах и массе. Для оценки эффективности использования гистерезисного материала автором предложено применять коэффициент использования гистерезисного слоя по тангенциальной составляющей магнитного поля. Автором установлено, что зубцовая зона ЭМГМ с зубцами трапецеидальной формы даст лучшее использование геометрических размеров муфты для достижения максимального момента по сравнению с зубцами круглой формы.

В **четвертой главе** выполнен анализ технических характеристик четырех типов ЭМГМ и рассмотрены варианты реализации ЭПЗА на их основе. На основании результатов сравнительного анализа автором установлено, что наиболее предпочтительным для использования в ЭПЗА можно считать муфту с неподвижной внутренней обмоткой возбуждения, достоинствами которой является отсутствие скользящих контактов, что позволяет применять ее во взрывоопасных зонах вблизи трубопровода. Представленные результаты экспериментальных исследований подтверждают адекватность принятых теоретических положений и полученных выводов диссертационной работы.

В **заключении** сформулированы основные научные и практические результаты работы.

Проведенный анализ содержания диссертационной работы свидетельствует о том, что диссертация Динь Конг Кюи является завершенной научной квалификационной работой, в которой содержится решение поставленной научной задачи. Диссертация написана ясным и содержательным языком, принятая терминология и стиль соответствуют общепринятым нормам.

3. Актуальность темы исследования для науки и практики

Необходимым технологическим элементом трубопроводов для перекачки нефти и газа являются электроприводы запорной арматуры, которые в большинстве практических случаев эксплуатируются в условиях широкого температурного диапазона и удаления от диспетчерских пунктов и центральных электросетей. Обязательным условием безопасного и надежного функционирования ЭПЗА в данных условиях является ограничение крутящего момента приводного двигателя, чем обеспечивается защита запорной арматуры от механических повреждений.

Характерной технической особенностью ЭМГМ является постоянство момента в режиме несинхронного вращения, торможения и пуска, что определяет хорошие перспективы их практического применения в ЭПЗА различного технологического назначения. Применение ЭМГМ в ЭПЗА позволяет исключить из состава электрооборудования сложные блоки электронного управления частотными преобразователями или тиристорными регуляторами на основе идентификации вращающего момента, чем обеспечивается значительное повышение их надежности. Однако, для практической реализации идеи применения ЭМГМ в составе ЭПЗА необходимо проведение исследований, направленных на выявление особенностей перемагничивания гистерезисного материала муфты, что позволит выявить оптимальную геометрию зубцовой зоны ЭМГМ с целью получения максимального крутящего момента при минимальных массо-габаритных показателях. Решению обозначенных выше задач и посвящена диссертационная работа Динь Конг Кюи, что позволяет ее считать актуальной и своевременной.

4. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Объектом диссертационного исследования является регулируемая ЭМГМ, работающая в составе ЭПЗА. В диссертации и автореферате представлены результаты решения конкретных задач, направленных на разработку и совершенствование методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование и повышение надежности электромеханических преобразователей, функционирующих в составе рабочих комплексов. Это подтверждает соответствие диссертации паспорту научной специальности 05.09.01 по техническим наукам.

5. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Основными научными и наиболее важными результатами диссертационной работы являются:

- методика расчета ЭМГМ для ЭПЗА нефтегазопроводов;
- имитационная модель ЭМГМ с неподвижной обмоткой управления, позволяющая анализировать электромагнитные процессы в муфте;
- результаты оптимизации геометрических размеров зубцовой зоны с целью достижения максимального вращающего момента при фиксированных значениях габаритов и веса;
- результаты исследований процессов распространения магнитного поля в гистерезисном слое ЭМГМ в зависимости от частоты вращения ведущего вала относительно гистерезисного слоя, связанного с ведомым валом.

Основные выводы и результаты работы теоретически обоснованы и получены автором впервые. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается тщательным анализом и оценкой принятых исходных положений, корректным использованием математического аппарата при проведении теоретических исследований, сопоставлением с результатами экспериментальных исследований. Результаты исследований обсуждались на международных конференциях, по результатам исследований опубликовано достаточное количество научных работ.

6. Практическая значимость работы

Практическая значимость работы заключается в разработанной автором методике и алгоритме расчета ЭМГМ, работающих в диапазоне моментов, характерных для ЭПЗА нефтегазопроводов. Получены регулировочные характеристики ЭМГМ на основе сплава Fe-Cr-Co 22X15KA, получено аналитическое выражение, связывающее максимальный вращающий момент ЭМГМ на основе материала Fe-Co-Cr, со скоростью вращения приводного вала и числом зубцов индуктора.

7. Апробация диссертационной работы

Основные положения работы обсуждались и получили одобрение на следующих международных конференциях: 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018 – Proceedings, г. Новосибирск; 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices June 29 - July 3, 2018, г. Новосибирск; 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices June 29 - July 3, 2019, г. Новосибирск

8. Подтверждение опубликования основных положений и результатов диссертации

По основным положениям диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных исследований, 4-х публикациях, индексируемых в базе данных SCOPUS.

9. Основные замечания по работе

В целом содержание диссертационной работы Динь Конг Кюи, ее основные положения, выводы и результаты возражений не вызывают. Однако, можно сделать следующие замечания:

1. Алгоритм расчета размеров ЭМГМ, представленный на рис. 2.4, стр. 38 является неработоспособным. Логический блок «ИЛИ» ($D_k < D_4$) содержит два выхода «нет», что обуславливает неопределенности его исполнения.

2. При экспериментальном определении регулировочных характеристик ЭМГМ (п.4.4, стр. 106) автор определяет механические потери в приводном двигателе через потребляемую им мощность на холостом ходу за вычетом электрических потерь. Потерями в стали статора приводного двигателя автор пренебрегает. Из материалов диссертации неясно насколько обоснованы данные допущения, тем более что в табл. 4.8, стр. 109 приведены результаты экспериментов, полученные на разных частотах вращения приводного двигателя. При этом известно, что потери в стали $P_{ст}$ и механические потери $P_{мех}$ существенно зависят от частоты:

$$P_{ст} = P_{ст_н} \cdot \left(\frac{U}{U_n} \right)^2 \cdot \left(\frac{f}{f_n} \right)^{1,3}; \quad P_{мех} = P_{мех_н} \cdot \left(\frac{f}{f_n} \right)^3$$

3. На стр.126 Приложения 4 представлены результаты сравнительной оценки значений вращающего момента ЭМГМ, полученные на математической, имитационной и физической моделях. При определении погрешностей моделирования автор принимает в качестве

эталонной математическую модель, реализованную в программной среде Mathcad, не аргументируя, чем она лучше имитационной модели в ANSYS и физической модели.

4. В тексте диссертации имеются грамматические и стилистические ошибки, например: на стр.19, 28, 46, 96, 102 и др.

10. Общее заключение о соответствии выполненной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

В целом, результаты исследований и полученные выводы доказывают, что Динь Конг Кюи выполнил актуальную научно-исследовательскую работу по решению задачи исследования и разработки регулируемой гистерезисной муфты для применения в электроприводах запорной арматуры нефтегазопроводов.

Диссертация в достаточной мере является законченной научно-квалификационной работой, выполнена автором единолично, имеет научную новизну и практическую значимость. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 7 научных работах автора.

Таким образом, диссертационная работа Динь Конг Кюи «Регулируемая гистерезисная муфта в системе привода запорной арматуры» по уровню, объему и значимости соответствует требованиям п.п. 8-9 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (Приказ № 93/од от 06.12.2018);, а ее автор Динь Конг Кюи заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор отделения электроэнергетики
и электротехники Инженерной школы энергетики

Национального исследовательского Томского политехнического университета

Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30,

ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШЭ, ОЭЭ

тел. (382-2) 701-777, доп.1942,

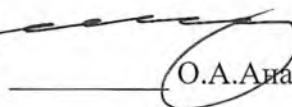
e-mail: serob99@mail.ru



Сергей Геннадьевич Обухов

30.10.19 г.

Подпись С.Г.Обухова заверяю
Ученый секретарь ТПУ



О.А.Ананьева