



УТВЕРЖДАЮ:

проректор по науке

ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», доцент, д. ф.-м. н.

А. И. Швейкин

«01» декабря 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Булдыско Александры Дмитриевны** на тему «Повышение эффективности эксплуатации асинхронного электропривода на основе ранней идентификации дефектов путем анализа сингулярного спектра тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексные и системы.

1. Структура и объем диссертационной работы

На отзыв представлена диссертация, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 177 наименований и 5 приложений, изложенная на 202 страницах машинописного текста, содержащая 48 таблиц и 73 рисунка.

2. Актуальность темы диссертационной работы

Для нефтедобывающих предприятий актуальными остаются задачи обеспечения надежной и эффективной работы технологического оборудования, снижения затрат на его эксплуатацию, обслуживание и ремонт. Недостаточная точность оценки ресурса деталей и узлов оборудования с асинхронным электроприводом, сложность и трудоёмкость диагностирования обуславливает возникновение аварийных отказов, устранение которых сопровождается длительными простоями. Комплексное решение задач повышения эффективности использования технологических установок в нефтегазовой отрасли возможно посредством разработки и внедрения автоматизированных систем контроля эксплуатационных параметров и оценки технического состояния. В комплект таких систем должны входить методики анализа регистрируемых данных, научно-обоснованные диагностические параметры, алгоритмы предотвращения аварийных ситуаций, оповещения о недопустимом развитии событий с выдачей необходимых, соответствующих конкретной ситуации действий, технических решений или рекомендаций

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-427 от 13.12.2023
АУ УС

Таким образом, диссертационная работа Булдыско Александры Дмитриевны, посвященная повышению эффективности эксплуатации асинхронного электропривода посредством ранней идентификации дефектов методом сингулярного спектрального анализа, является актуальной, имеет теоретическую и практическую значимость.

3. Общая характеристика работы

Целью диссертационной работы является повышение эффективности эксплуатации асинхронного электропривода посредством разработки и применения алгоритма обнаружения дефекта на ранней стадии развития на основе анализа сигнала тока статора.

В работе использован комплексный метод исследования, включающий анализ и обобщение научно-технической и патентной информации, статистических методов обработки данных и спектрального анализа, методов численного моделирования, теории электрических машин.

Имитация дефектов выполнена на лабораторном стенде «Мониторинг и диагностика электромеханического оборудования» Образовательного центра цифровых технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Автором разработана методика ранней идентификации и отслеживания развития дефектов асинхронного двигателя на основе математических методов анализа временных рядов сигналов тока. Предложена модель оценки стоимости процесса эксплуатации асинхронного двигателя с учетом потерь, обусловленных наличием дефекта.

Представленные в диссертации выводы и технические рекомендации обоснованы и не противоречат результатам ранее выполненных исследований в области диагностирования электрических машин. Разработанные автором теоретические положения, а также методические и практические рекомендации являются результатом самостоятельного исследования.

4. Значимость полученных результатов для науки и производства

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке алгоритма сингулярного спектрального анализа сигнала тока асинхронного двигателя, который позволяет выделять группы и категории компонент временного ряда тока статора асинхронного двигателя, идентифицирующие наличие дефекта на ранней стадии развития и позволяющие отслеживать изменения уровня развития дефектов.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке математической модели процесса циклического взаимодействия колесных движителей ГТА с деформируемой опорной поверхностью. Использование

предложенного автором алгоритма позволяет корректировать графики работ по техническому обслуживанию и ремонту электропривода оборудования нефтегазовых предприятий.

Достоверность полученных автором результатов подтверждается достаточным объемом экспериментальных исследований. Теоретические исследования построены на известных моделях, проверяемых данных, фактах; согласуются с опубликованными экспериментальными данными по функционированию электроприводов технологического оборудования нефтегазовой отрасли.

5. О стиле, языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата содержанию диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Работа написана грамотным, литературным языком. Структура диссертации отличается основательностью, целостностью, логической последовательностью изложения материала.

Выводы и рекомендации изложены четко и не допускают двусмысленности при их трактовке. Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертационной работы. Результаты работы опубликованы в 10 печатных работах, в том числе в 6 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования *Scopus*. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов исследований, полученных в диссертационной работе

Выводы и результаты представленной на рассмотрение диссертационной работы имеют высокую научную и практическую ценность. Использование предложенных в диссертации технических решений и рекомендаций обусловит повышение эффективности функционирования предприятий нефтегазового сектора, осуществляющих эксплуатацию оборудования с асинхронным электроприводом.

Результаты диссертационной работы внедрены в производственную деятельность ООО «НПП «Комплексные интеллектуальные технологии» при разработке микропроцессорных устройств релейной защиты в электротехнических комплексах, имеющих в своем составе электропривод, построенный на основе асинхронного электродвигателя, в виде «Алгоритма выявления дефекта подшипника асинхронного двигателя на основе анализа сингулярного спектра тока статора» (Акт внедрения от 31.05.2023). Работа выполнена в рамках НИР «Применение цифровых двойников для управления

энергоэффективностью и надежностью объектов» ПАО «НК «Роснефть» по договору № 100021/03521Д от 19.07.2021 и НИ-29-808-21 «Цифровая платформа предиктивной аналитики и управления жизненным циклом электромеханического оборудования «Genesis Drive» в рамках субсидии на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности на 2021 год № FSRW-2020-0014.

7. Замечания по диссертационной работе

1. При обосновании актуальности работы автор указывает, что *«электродвигатели потребляют более 40 % производимого в мире электричества и производят до 5 Гт выбросов CO₂»*. Следует пояснить, каким образом и за какой временной период электродвигатели по всему миру производят до 5 Гт выбросов CO₂? Ежедневно, ежемесячно, может быть, ежегодно?

2. Одной из задач исследования является «выявление проблем эффективности функционирования объектов добычи и транспорта нефти». Считаю, что в общей характеристике работы диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук следует избегать слова «проблема». Решение научных проблем – прерогатива работ более высокого уровня.

3. Там же, в пункте задачи исследования, автор планирует «проанализировать эффективность методов диагностики асинхронных двигателей» и «проанализировать эффективность управления техническим обслуживанием и ремонтом асинхронных двигателей». Следует назвать критерии оценки эффективности методов диагностирования и управления сервисом указанных электрических машин.

4. Автор не совсем корректно обращается с технической терминологией. Там же, в пункте задачи исследования, автор планирует «провести экспериментальные исследования асинхронного двигателя». Наверное, всё-таки предполагалось исследовать процесс функционирования асинхронного двигателя. Автором приводятся термины «инкубационный период дефекта» (стр. 78 рукописи диссертации), «деградация подшипника» (стр. 79 рукописи диссертации). Следует пояснить значения данных терминов.

5. Судя по списку литературы, автором не проанализированы работы О. Д. Голдберга, В. В. Ключева, М. Н. Розанова, В. А. Савельева, А. Н. Bonnet, T. G. Nabetler, М. Г. Баширова, К. Б. Вейнреба. В общей характеристике работы данные ученые указаны, как внесшие «вклад в исследование надежности и вопросы диагностирования электрических машин». Нет ссылок на работы оппонентов.

6. На странице 55 рукописи диссертации указывается:

В нефтегазовой промышленности доступ к оборудованию ограничен, например, к погружным насосам; также в ряде случаев существуют дополнительные паразитные вибрации, искажающие результаты анализа, например, при диагностике установок бурения. В этих случаях практически невозможно использовать вибрационные методы диагностирования АД.

Отметим, что погружные установки электроцентробежных насосов (УЭЦН) оснащаются датчиками вибрации, входящими в состав блоков телеметрических систем (ТМС). Следует так же пояснить, какие паразитные вибрации действуют на асинхронные двигатели буровых установок? Следует обозначить источники данных паразитных вибрации.

7. Есть замечания к качеству оформления графического материала и таблиц. Рисунок 3.14 (стр. 86 рукописи диссертации) не читаем. В таблице 3.3 значения даны с точностью до шестого знака после запятой.

8. Известно, что основным недостатком сингулярного спектрального анализа (ССА) сигналов является его вычислительная сложность. В работе не указано в явном виде, чем обусловлен выбор именно этого способа анализа сигналов тока по сравнению, например, с использованием анализа на основе разложения сигнала на частотные составляющие с применением быстрого преобразования Фурье (БПФ). В обоих случаях необходимо иметь исходные графики спектров сигналов тока для бездефектных двигателей. Большая чувствительность ССА по сравнению с использованием БПФ не подтверждена количественно.

Замечания по работе соискателя Булдыско А. Д. носят частный характер и не снижают значимости полученных автором научных и практических результатов.

8. Заключение

Диссертационная работа Булдыско А. Д. представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи повышения эффективности эксплуатации асинхронного электропривода на основе ранней идентификации дефектов методом сингулярного спектрального анализа.

Диссертация по своим задачам, содержанию, научно-техническому направлению и выполненным исследованиям соответствует п. 4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов» области исследований паспорта специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертация **Булдыско Александры Дмитриевны** «Повышение эффективности эксплуатации асинхронного электропривода на основе ранней идентификации дефектов путем анализа сингулярного спектра тока», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм., а её автор, **Булдыско Александра Дмитриевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв ведущей организации по диссертации **Булдыско А. Д.** обсуждён и утверждён на заседании кафедры «Горная электромеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (протокол № 4 от 29.11.2023).

Заведующий кафедрой
«Горная электромеханика»
ФГАОУ ВО ПНИПУ,
докт. техн. наук, профессор



Трифанов
Геннадий Дмитриевич

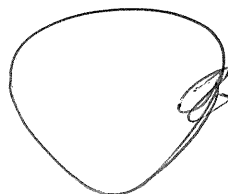
Профессор кафедры
«Горная электромеханика»
ФГАОУ ВО ПНИПУ,
докт. техн. наук, доцент



Шишлянников
Дмитрий Игоревич

Подписи Г.Д. Трифанова и Д.И. Шишлянникова заверяю:

Учёный секретарь Ученого совета
ФГАОУ ВО ПНИПУ,
канд. ист. наук, доцент



Макаревич
Владимир Иванович

614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29.
Тел./факс: +7 (342) 219-80-67, 212-39-27.
E-mail: rector@pstu.ru.