

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Белорусского государственного
университета транспорта,
кандидат технических наук, доцент
А. А. Ерофеев
«06» 06. 2024 г.

ОТЗЫВ

ОППОНИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Учреждение образование

«Белорусский государственный университет транспорта»
на диссертационную работу Исаева Александра Витальевича
«Спектрально-импульсные методы измерения
сопротивления межвитковой изоляции электрических машин
со вьспной обмоткой и приборы на их основе»
представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения,

1. Соответствие содержания диссертации заявленным специальностям и отрасли науки

Диссертационная работа Исаева Александра Витальевича «Спектрально-импульсные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со вьспной обмоткой и приборы на их основе» выполнена в Белорусском национальном техническом университете под научным руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Электрические системы» Белорусского национального технического университета Суходолова Юрия Викторовича и посвящена исследованию и разработке новых методов и приборов для измерения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках электрических машин, основанных на анализе их частотных характеристик, и обеспечивающих измерение указанной физической величины с высокой точностью во всем диапазоне измерений.

Объектом диссертационного исследования являются методы и средства измерения сопротивления межвитковой изоляции.

Предметом диссертационных исследований являются методологические основы измерения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках электрических машин на основе анализа начальных фаз спектральных составляющих и анализе частотных свойств их обмоток; структурная, схемотехническая и конструкционная реализация системы измерения сопротивления межвитковой изоляции для контроля состояния обмоток электрических машин.

Анализ содержания диссертации, автореферата и основных публикаций по теме диссертации показал, что диссертационная работа Исаева А.В. соответствует областям исследований, предусмотренным паспортом специальности 05.11.01 – приборы и методы измерения, утвержденным Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 23 апреля 2018 года № 116: пункт III.1

вх. № 11-52/149
от 14.06.2024

«Теоретические и экспериментальные исследования физических эффектов, обеспечивающих развитие существующих и создание принципиально новых методов и средств измерений»

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Работа соискателя, используя косвенные методы для измерения сопротивления межвитковой изоляции токоведущих частей обмоток электрических машин позволяет, в том числе в режиме их эксплуатации, с высокой точностью оценивать их исправное и работоспособное состояние. Работа содержит новые научные и экспериментальные результаты, а также технологические решения по совершенствованию измерения сопротивления межвитковой изоляции с использованием впервые установленных закономерностей влияния на уровень сопротивления межвитковой изоляции характеристик спектрального состава тока холостого хода и частотных характеристик в резонансной области частот, характерной для обмоток диагностируемой электрической машины. Соискателем разработаны функциональные структуры, и сформулированы алгоритмы работы приборов для измерения сопротивления межвитковой изоляции в пределах от 1 Ом до 100 кОм с погрешностью от 5% до 30% в зависимости от диапазона.

3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень:

Научные результаты, за которые Исаеву Александру Витальевичу может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения, состоят в следующем:

1. Установлена зависимость временного интервала между точками перехода через нуль первой спектральной составляющей тока холостого хода и кривой высших спектральных составляющих от значения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках электрических машин, и разработан на его основе метод измерения сопротивления дефектной межвитковой изоляции. Это позволяет в режиме эксплуатации электрических машин измерять значение сопротивления межвитковой изоляции в диапазоне до 300 Ом и идентифицировать работоспособное состояние;

2. Установлена зависимость разности фаз сигналов полученных с двух плеч измерительного моста, формируемого обмотками электрической машины, от значения сопротивления межвитковой изоляции обмоток электрических машин, и разработан на его основе метод измерения сопротивления межвитковой изоляции. Это позволяет измерять сопротивление межвитковой изоляции в диапазоне до 100 кОм с идентифицировать состояние электрических машин;

3. Разработаны методы измерения временных параметров и формирования измерительного сигнала для измерения дефектных межвитковых сопротивлений в обмотках электрических машин, основанные на построении импульсных последовательностей с преобладанием в них информативных спектральных составляющих, параметры которых не зависят от нестабильности параметров исходного измерительного сигнала, что позволило формировать диагностические сигналы с отклонением параметров до 0.01%.

4. Разработаны принципы структурной, схемотехнической и конструктивной реализации функционально законченных систем измерения дефектных

сопротивлений межвитковой изоляции в обмотках электрических машин, обеспечивающих построение различных специализированных устройств и установок для контроля их состояния.

Новизна результатов диссертационной работы защищена патентами на изобретение.

Технические решения, методы и методики диссертационных исследований используются в образовательном процессе на кафедре «Информационно-измерительная техника и технология» Белорусского национального технического университета при изучении ряда дисциплин.

5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Диссертационная работа Исаева А.В. посвящена актуальной теме, выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Результаты проведенных соискателем исследований и разработок свидетельствуют о его высокой квалификации и перспективности дальнейшей разработки комплексных методов для измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин.

Научные положения и выводы, изложенные в работе, аргументированы теоретически и подтверждены экспериментально и являются результатом самостоятельной научно-исследовательской работы автора.

Диссертация Исаева А.В. отвечает требованиям пп. 26 Положения о присуждении ученой степени и присвоении ученых званий Республики Беларусь.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Содержание диссертации и автореферата изложено в соответствии с принятой терминологией, текст написан лаконично, иллюстрации в полной мере поясняют основные результаты работы. Достоверность и обоснованность основных выводов и положений не вызывает сомнения.

Научные результаты, представленные автором в диссертации, в полной мере опубликованы в 23 публикациях, 6 статей в научных журналах, и подано 2 заявки на патент на изобретение. Материалы диссертационной работы апробированы на 9 научных конференциях. Все выводы подтверждены ссылками на работы автора.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что научная квалификация Исаева А.В. соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Республики Беларусь к соискателям ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения.

6. Рекомендации по практическому применению результатов работы

Практическая значимость проведенных исследований состоит в разработке новых методов и технических средств для диагностики состояния обмоток электрических машин по анализу сопротивления их межвитковой изоляции. Разработанные методы позволят измерять сопротивления межвитковой изоляции в диапазоне от 1 Ом до 300 Ом с погрешностью не более 5 % и идентифицировать неработоспособное, предотказное и работоспособное состояния электрических машин в процессе их эксплуатации, и в диапазоне от 1 Ом до 100 кОм с

погрешностью не более 30 % для идентификации аналогичных состояний в процессе испытания на стенде.

Разработанные в диссертационной работе научно-технические решения рекомендуются использовать в новых разработках научного оборудования, а также оборудования для неразрушающего контроля и диагностики состояния обмоток трехфазных электрических машин.

Разработанные приборы измерения межвиткового сопротивления в обмотках электрических машин использовались в установках диагностирования электродвигателей на предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации (ремонтные лаборатории ООО «БелГидросилаГрупп», (филиалы г. Минск, г. Санкт-Петербург, г. Калининград), ООО «Вэдэм-сервис»), ЧПТУП «МеталлХот», г. Борисов.

7. Замечания по диссертации

При общей положительной оценке диссертации следует отметить следующие замечания:

1. Можно предложить дополнить исследование рассмотрением анализа влияния следующих значимых факторов на начальные фазы спектральных составляющих и частотные свойства обмоток:

- однослойная или двухслойная обмотка;
- способ соединения статорных обмоток (звезда с изолированной или выведенной нейтралью, треугольник);
- тип пазов (трапецеидальный, прямоугольные полуоткрытые и т. д).

2. Рассмотреть возможность использования численного решения дифференциальных уравнений с помощью пакетов 3D-моделирования электромагнитного поля (например, в программе Ansys, Elcut или др.) с целью создания «цифрового двойника» асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для уменьшения трудоемкости и снижения экономических затрат при исследовании влияния величины сопротивления дефекта и его месторасположения.

3. В качестве дополнения к выполненному статистическому анализу можно предложить использовать пошаговый регрессионный анализ для упрощения предсказательных возможностей полученных аналитических закономерностей.

4. Не представлена информация об экономическом эффекте и преимуществах от внедрения в производство измерительных комплексов на базе разработанных в диссертации методов и средств измерения.

5. В тексте диссертации есть орфографические ошибки и неудачные стилистические обороты, подписи к некоторым рисункам требуют коррекции.

Отмеченные недостатки носят скорее рекомендационный характер и не влияют на общий вывод о соответствии научной квалификации соискателя ученой степени кандидата технических наук.

Заключение

Проведенный анализ диссертации и автореферата Исаева Александра Витальевича позволяет сделать следующее заключение:

1. Диссертационная работа посвящена актуальной теме, выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение.

2. Научные положения и выводы, изложенные в работе, аргументированы теоретически и подтверждены экспериментально. Результаты проведенных исследований, а также основные научные положения и выводы оригинальны и

являются результатом самостоятельной научно-исследовательской работы автора.

3. Основные положения диссертации в достаточном объеме отражены в опубликованных автором работах. Содержание автореферата соответствует положениям и выводам, изложенным в диссертации.

Диссертационная работа Исаева Александра Витальевича «Спектрально-импульсные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со вспяной обмоткой и приборы на их основе» является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, соответствует требованиям п. 26 «Положения о присуждении ученой степени и присвоении ученых званий в Республике Беларусь» и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения.

Исаев Александр Витальевич заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения за совокупность новых научно обоснованных результатов теоретических и экспериментальных исследований, **включаящие:**

- установление зависимости временного интервала между точками перехода через нуль первой спектральной составляющей тока холостого хода и кривой высших спектральных составляющих от значения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках электрических машин, и разработанному на её основе методу измерения сопротивления дефектной межвитковой изоляции, что позволяет в режиме эксплуатации электрических машин измерять значение сопротивления межвитковой изоляции и идентифицировать работоспособное состояние;

- установление зависимости разности фаз сигналов полученных с двух плеч измерительного моста, формируемого обмотками электрической машины, от значения сопротивления межвитковой изоляции обмоток электрических машин, и разработанному на её основе методу измерения сопротивления межвитковой изоляции что позволяет измерять сопротивление межвитковой изоляции и идентифицировать исправное состояние электрических машин;

- разработку методов измерения временных параметров и формирования измерительного сигнала для измерения дефектных межвитковых сопротивлений в обмотках электрических машин, основанные на построении импульсных последовательностей с преобладанием в них информативных спектральных составляющих, параметры которых не зависят от нестабильности параметров исходного измерительного сигнала, что позволило формировать диагностические сигналы с отклонением параметров до 0,01%.

- построение приборов на основе представленных методов для измерения сопротивления дефектной межвитковой изоляции трехфазных электрических машин, позволяющих оценивать их исправное и работоспособное состояние.

Доклад Исаева А.В. и проект отзыва оппонировавшей организации УО «Белорусский государственный университет транспорта», подготовленный экспертом Галушко Виктором Николаевичем, кандидатом технических наук, заведующим кафедрой «Электротехника», принят на заседании научного семинара учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» 5 июня 2024 года, протокол №1. На научном семинаре присутствовало 10 человек, из них 10 имеют ученую степень, в том числе 1 доктор технических наук и 9 кандидатов технических наук: доктор технических наук, профессор Бочков К.А., кандидат технических наук, доцент Волков Н.П.; кандидат технических наук, профессор Овчинников В.М.; кандидат технических наук, доцент Пацкевич В.А.;

кандидат технических наук, доцент Курилин С.Л., кандидат технических наук, доцент Галушко В.Н.; кандидат технических наук, доцент Брель В.В.; кандидат технических наук, Сахаров П.А.; кандидат технических наук, доцент Сатырев Ф.Е.; кандидат технических наук, Матусевич В.О.

Отзыв оппонирующей организации утвержден открытым голосованием. В голосовании при одобрении отзыва на диссертационную работу Исаева А.В. приняли участие 10 членов научного семинара, имевших право голоса. Результаты голосования: «за» – 10, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Председатель
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Электротехника»



Н.П. Волков

Эксперт, заведующий кафедрой
«Электротехника» кандидат технических наук



В.Н. Галушко

Секретарь научного семинара
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Электротехника»



В.А. Пацкевич

Личную подпись
удостоверяю
Начальник ОК



Волкова Н.П., Галушко В.Н., Матусевича В.А.

С.И. Паранин

Отзыв поступил в кабинет 14.06.2024
Волков Н.П.

С отзывом ознакомлен
14.06.2024
Исаев А.В.