

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

на диссертацию Исаева Александра Витальевича «Спектрально-импульсные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со вьспной обмоткой и приборы на их основе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – «Приборы и методы измерения»

#### **1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите.**

Диссертация Исаева А.В. «Спектрально-импульсные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со вьспной обмоткой и приборы на их основе» соответствует паспорту специальности 05.11.01 – «Приборы и методы измерения» по 1, 2 пунктам области исследования (раздел III данного паспорта) и отрасли технических наук.

#### **2. Актуальность темы диссертации.**

Диссертационная работа Исаева А.В. посвящена разработке методов измерения ослабленного или дефектного межвиткового сопротивления в обмотках электрических машин (ЭМ) и построение на их основе измерительных систем, обеспечивающих определение образования дефектов в них.

В настоящее время одной из основных проблем современного приборостроения является своевременная и качественная диагностика ЭМ, от которых в той или иной степени зависит работоспособность, а, следовательно, и эффективность используемого электрического оборудования. Учитывая, что на нарушение изоляции токоведущих частей такого оборудования может приходиться до 95 % всех дефектов, то основное внимание необходимо делать именно на оценке свойств изоляции обмоток ЭМ.

Современные методы диагностики состояния обмоток позволяют только в общем виде оценить состояние изоляции токоведущих частей, а, следовательно, не дают возможность зафиксировать начало дефектообразования, и только констатируют факт окончательного выхода ее из строя. Одним из способов решения данной проблемы является постоянное, в том числе и в процессе эксплуатации, измерение сопротивления межвитковой изоляции обмоток контролируемых ЭМ. Поэтому в настоящее время стоит актуальная научно-техническая задача в разработке методов и построении на их основе приборов, позволяющих проводить диагностику состояния обмоток ЭМ, в том числе непосредственно в процессе эксплуатации, а также оценки работоспособности и исправности диагностируемых ЭМ на основе полученных измерений.

В этой связи актуальность диссертации Исаева А.В. не вызывает сомнений.

*Вх. № 11-52/148  
от 14.06.2014*

### **3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту.**

Научную ценность диссертации представляют полученные и сформулированные соискателем основные результаты исследований, такие как:

1. Установлен эффект зависимости временного интервала между точками перехода через нуль кривой первой спектральной составляющей тока холостого хода и результирующей кривой высших спектральных составляющих от значения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках ЭМ, и разработан на его основе метод измерения ослабленного сопротивления дефектной межвитковой изоляции.

2. Установлен эффект зависимости разности фаз сигналов полученных с двух плеч измерительного моста, формируемого обмотками ЭМ, от значения сопротивления межвитковой изоляции обмоток ЭМ, и разработан на его основе метод измерения ослабленного сопротивления дефектной межвитковой изоляции.

3. Предложен метод измерения изменения временных параметров для контроля ослабленного сопротивления дефектной межвитковой изоляции в обмотках работающих ЭМ, не зависящий от нестабильности параметров исходного измерительного сигнала, основанный на формировании парных импульсных последовательностей.

4. Разработан метод формирования измерительного сигнала для контроля ослабленного сопротивления дефектной межвитковой изоляции в обмотках ЭМ, основанный на повышении уровня в нем необходимой информативной спектральной составляющей на фоне соседних путем формирования блоков импульсных последовательностей с управляемыми временными параметрами.

5. Разработаны принципы структурной, схемотехнической и конструктивной реализации функционально законченных систем измерения дефектных сопротивлений межвитковой изоляции в обмотках ЭМ.

### **4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Сделанные выводы и рекомендации достаточно обоснованы, непосредственно следуют из текста представленной рукописи диссертации.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций подтверждается незначительным расхождением результатов аналитического расчета и экспериментальных исследований, грамотным применением математического аппарата и современных методов моделирования.

## 5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.

Научная значимость диссертации Исаева А.В. состоит в том, что:

- установлен эффект зависимости временного интервала между точками перехода через нуль кривой первой спектральной составляющей тока холостого хода и результирующей кривой высших спектральных составляющих от значения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках ЭМ;
- построена аналитическая зависимость, характеризующая влияние уровня дефектного межвиткового сопротивления в обмотках ЭМ на изменение фазы первой спектральной составляющей относительно результирующей кривой, полученной путем сложения высших спектральных составляющих;
- установлен эффект зависимости разности фаз сигналов полученных с двух плеч измерительного моста, формируемого обмотками ЭМ, от значения сопротивления межвитковой изоляции обмоток;
- построены аналитические зависимости, характеризующие влияние уровня дефектного межвиткового сопротивления в обмотках ЭМ, количества задействованных в дефекте витков и местоположения дефекта в обмотке на изменение максимума фазочастотных характеристик;
- разработаны методы измерения сопротивления межвитковой изоляции ЭМ со всыпной обмоткой, позволяющие измерять значение сопротивления межвитковой изоляции и тем самым идентифицировать неработоспособное, предотказное, работоспособное и исправное состояние ЭМ;
- предложен метод формирования измерительного сигнала для контроля ослабленного сопротивления дефектной межвитковой изоляции в обмотках ЭМ. Метод позволяет увеличить селективность выделения характерных спектральных составляющих в формируемом измерительном сигнале, тем самым уменьшить погрешности, связанные с его нестабильностью;
- проведены экспериментальные исследования разработанных методов и средств измерения сопротивления межвитковой изоляции ЭМ со всыпной обмоткой.

Практическая значимость полученных результатов исследования подтверждается актами об их практическом использовании. Разработанная система измерения межвиткового сопротивления в обмотках ЭМ использовалась 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.

Экономическая значимость полученных результатов заключается в новых научно-технических решениях, использование которых в организациях, осуществляющих исследование и разработку приборов

измерения, может позволить создавать более совершенные и конкурентоспособные отечественные измерительные приборы.

Социальная значимость результатов исследований состоит в повышении качества образовательного и исследовательского процессов кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» БНТУ.

#### **6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.**

Основные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в 25 печатных работах, в том числе: 6 статьях в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК Республики Беларусь; 17 статьях в сборниках материалов научных конференций. Подано две заявки на патент на изобретение.

#### **7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.**

Материалы диссертации изложены понятно, грамотно, в логической последовательности. Автореферат диссертации соответствует по содержанию тексту самой диссертации.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь.

#### **8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.**

Анализ и оценка решенных в диссертации научных задач и практического их применения показывает, что научная квалификация Исаева А.В. соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – «Приборы и методы измерения».

#### **9. Замечания по диссертации.**

1. В диссертационной работе нечетко обозначены границы мощностного диапазона, в котором применимы разработанные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со вспышной обмоткой.

2. В диссертационной работе представлены разработанные автором методы измерения сопротивления межвитковой изоляции ЭМ со вспышной обмоткой, для которых хорошо было бы провести сравнительный анализ с уже существующими методами.

3. В диссертационной работе автором рассматривается двигательный режим работы ЭМ. Следовало бы рассмотреть и генераторный режим работы.

4. Принятый метод аппроксимации полученных данных (табл. 2.3 (стр. 52), табл. 3.3 (стр. 67), табл. 3.5 (стр. 71), табл. 3.8 (стр. 75)) недостаточно обоснован.

5. В подразделе 2.1.1 (стр. 41) и разделе 3.1 (стр. 58, 59) было бы целесообразно более подробно описать условия проведения испытаний.

6. Название рис. 2.4 (стр. 43) нуждается в коррекции, так как на рис. 2.4 также изображена кривая фазного напряжения «7».

7. В главе 5 было бы целесообразно представить функциональные схемы основных компонентов устройств измерения ослабленного межвиткового сопротивления в обмотках ЭМ (рис. 5.1 и рис. 5.7).

8. В тексте диссертации имеют место опечатки. Например, на стр. 104, 105 опечатка в номере рисунка, написано рисунок 5.3, а надо рисунок 5.2. Единица измерения вертикальной оси рисунка 3.3 (стр. 64) нуждается в коррекции.

Указанные замечания не являются принципиальными с точки зрения оценки научной и практической значимости диссертации и не снижают ее ценность.

#### **10. Заключительная часть отзыва о диссертации.**

Диссертация Исаева А.В. «Спектрально-импульсные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со вьспной обмоткой и приборы на их основе» является законченной научной работой, выполненной на актуальную тему.

Диссертация соответствует требованиям, установленным главой 3 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – «Приборы и методы измерения» за научные результаты, включающие:

- установленные зависимости временного интервала между точками перехода через нуль кривой первой спектральной составляющей тока холостого хода и результирующей кривой высших спектральных составляющих от значения сопротивления межвитковой изоляции в обмотках электрических машин, что позволяет использовать его в качестве принципа измерения межвиткового сопротивления изоляции обмоток ЭМ в процессе их эксплуатации;

- разработанный метод измерений сопротивления межвитковой изоляции обмоток ЭМ, заключающийся в оценке параметров спектральных составляющих тока холостого хода, протекающего в фазных обмотках ЭМ в процессе их эксплуатации, и отличающийся измерением временного интервала между точками перехода через нуль кривой первой спектральной составляющей тока холостого хода и результирующей кривой высших спектральных составляющих, что позволяет измерять значение сопротивления межвитковой изоляции в диапазоне от 1 Ом до 300 Ом и тем самым идентифицировать неработоспособное, предотказное и работоспособное состояния ЭМ в процессе их эксплуатации;

- установленные зависимости разности фаз сигналов, полученных с двух плеч измерительного моста, формируемого обмотками ЭМ, от значения сопротивления межвитковой изоляции обмоток ЭМ, что позволяет использовать его в качестве принципа измерения сопротивления

межвитковой изоляции обмоток ЭМ в процессе проведения диагностических процедур на испытательном стенде;

– разработанный метод измерений сопротивления межвитковой изоляции обмоток ЭМ, заключающийся в оценке параметров сигналов, полученных с двух плеч измерительного моста, формируемого обмотками ЭМ, и отличающийся измерением разности фаз сигналов, формируемых в резонансной области частот, характерной для обмоток диагностируемой ЭМ, что позволяет измерять сопротивление межвитковой изоляции в диапазоне от 1 Ом до 100 кОм и тем самым идентифицировать неработоспособное, предотказное, работоспособное и исправное состояния ЭМ в процессе испытания на стенде.

Официальный оппонент:  
заместитель начальника  
кафедры электротехники  
и систем электропитания  
кандидат технических наук, доцент

14.06.2024

А.Б.Менжинский

Подпись Менжинского А.Б. заверяю.

Начальник отдела кадров  
учреждения образования  
«Военная академия  
Республики Беларусь»,  
полковник

14.06.2024



В.В.Щербин

*Отзыв поступил  
в совет 14.06.2024.  
М.В.И. НН. Ризноскал*

*Сотворен от качества  
14.08.2024*