

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента – доктора технических наук, профессора Назарычева Александра Николаевича на диссертационную работу Романовой Виктории Викторовны на тему «Совершенствование методов оценки срока службы низковольтных асинхронных электродвигателей электротехнического комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»**

### **1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ**

Наиболее массовым оборудованием, эксплуатируемым в электрических распределительных сетях 0,4 кВ различных промышленных электротехнических комплексов (ЭТК) являются асинхронные электродвигатели (АЭД).

Диссертационная работа Романовой В.В. построена в основном на статистических и экспериментальных материалах электроэнергетической системы (ЭЭС) Забайкальского края. Стоит отметить, что отличительной особенностью Забайкальской ЭЭС является наличие несимметричных режимов работы электрических сетей, возникающих в результате наличия значительной доли тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог переменного тока. Экспериментальные исследования электроснабжения тяговых подстанций показали, что несимметрия напряжений имеет достаточно высокий уровень, и преобладает как постоянно действующий фактор при работе электрических распределительных сетей Забайкальского края. Сложившаяся ситуация, способствует повышению количества отказов электрооборудования, и в частности АЭД.

Обследования эксплуатации АЭД 0,4 кВ, работающих в ЭТК на предприятиях Забайкальского края, показывают, что высокая аварийность электродвигателей связана с условиями и режимами их эксплуатации. Анализ причин отказов АЭД позволяет судить о том, что большая их часть вызвана низкими показателями качества питающего напряжения. При этом вероятность выхода из строя АЭД по такой причине оценивается в 50 % от всех возможных причин отказов.

Комплексное решение задачи обеспечения надежности эксплуатации АЭД может быть основано на разработке подходов по совершенствованию методов оценки срока службы АЭД, с использованием российского программного обеспечения, учитывающего воздействующие факторы в различных условиях и режимах работы АЭД.

Исследования в области разработки и внедрения методов оценки срока службы АЭД, главным образом, должны быть направлены на повышение технико-экономических показателей эффективности работы ЭТК, посредством сокращения количества отказов АЭД в условиях совместного воздействия эксплуатационных факторов. Данные исследования являются востребованными инновационными решениями, как в теоретическом, так и в практическом плане,

основанными на интегрированной информации о техническом состоянии АЭД и параметрах качества электроэнергии питающей сети.

Все вышесказанное обуславливает актуальность выбранной темы диссертации по решению проблемы оценки срока службы АЭД 0,4 кВ.

Целью диссертационной работы Романовой Виктории Викторовны является повышение эффективности эксплуатации ЭТК с промышленной электродвигательной нагрузкой за счёт симметрирования напряжений.

Объектом исследования является ЭТК, в состав которого входят АЭД, эксплуатируемые в распределительных сетях электроснабжения 0,4 кВ.

Предметом исследования является развитие методов оценки параметров эксплуатации, определяющих срок службы АЭД 0,4 кВ.

## **2. СТРУКТУРА И ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Диссертационная работа Романовой Виктории Викторовны состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и списка литературы, включающего 149 наименований. Объем диссертационной работы составляет 179 страниц машинописного текста, включает в себя 47 рисунков и 23 таблицы.

*Во введении* обоснована актуальность темы диссертации, степень её разработанности, сформулирована цель работы, которая заключается в повышении эффективности эксплуатации ЭТК. Поставлены задачи исследования, которые соответствуют цели, сформулированы три научные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость проведенного исследования.

*Первая глава «Состояние вопроса, задачи исследования»* представляет собой выполненный анализ проблемы несимметрии напряжений в электрических распределительных сетях ЭЭС Забайкальского края. На основе проведенного с участием Романовой В.В. энергетического обследования промышленных предприятий Забайкальского края, проанализированы материалы актов расследования повреждаемости АЭД серии 4А, АИ, полученные в реальных условиях эксплуатации. Показана целесообразность совершенствования методов оценки срока службы АЭД 0,4 кВ, направленных на улучшение эффективности и технико-экономических показателей работы ЭТК, посредством обеспечения безаварийной их эксплуатации в условиях совместного воздействия различных эксплуатационных факторов.

*Вторая глава «Методические принципы исследования влияния параметров эксплуатации на асинхронные электродвигатели»* подробно описывает разработку метода оценки совместного воздействия параметров эксплуатации (коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициента загрузки) на режимы работы АЭД различных серий и мощностей, основанного на компьютерном моделировании.

*В третьей главе «Исследование воздействия параметров эксплуатации на режимы работы асинхронных электродвигателей»* исследовано влияние эксплуатационных факторов на работоспособность АЭД. Выявлены

эксплуатационные режимы работы электродвигателей разных серий и мощностей, способствующих продлению их срока службы.

**Четвертая глава «Разработка метода определения рациональных мест установки средств симметрирования в электротехническом комплексе с электродвигательной нагрузкой»** посвящена реализации метода определения рациональных мест установки технических средств симметрирования в ЭТК, а также разработке усовершенствованной методики технико-экономического обоснования применения современных средств симметрирования.

**В заключении** представлены обобщающие выводы по диссертационной работе, где показано, что разработанный подход по решению актуальной научно-технической задачи повышения эффективности ЭТК может решаться на основе совершенствования метода оценки срока службы АЭД 0,4 кВ, работающих в составе ЭТК.

### **3. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Личный вклад соискателя заключается в теоретическом анализе, в обработке статистических данных, проведении экспериментальных исследований, выборе мест размещения симметрирующих устройств, оценке срока службы АЭД для повышения эффективности эксплуатации ЭТК.

Автором разработан метод определения эксплуатационных режимов работы АЭД серий 4А, АИ, способствующих продлению их срока службы, основанный на выявлении значений параметров эксплуатации, предложен метод определения рациональных мест установки технических средств симметрирования, позволяющий повысить эффективность и улучшить технико-экономические показатели работы ЭТК с электродвигательной нагрузкой за счёт коррекции напряжения. Автором была также усовершенствована методика технико-экономического обоснования применения средств симметрирования в электротехническом комплексе.

**Научной новизной** в представленной Романовой Викторией Викторовной диссертационной работе обладают следующие результаты:

– метод определения эксплуатационных режимов работы АЭД серий 4А, АИ напряжением 0,4 кВ, способствующих продлению их срока службы в зависимости от параметров эксплуатации (коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициента загрузки), позволяющий обеспечить длительную безаварийную эксплуатацию АЭД в ЭТК предприятий;

– метод определения рациональных мест установки технических средств симметрирования в ЭТК, основанный на выборе оптимального состава и мест размещения устройств, позволяющих снизить величину несимметрии напряжения;

– усовершенствованная методика технико-экономического обоснования применения средств симметрирования в электротехническом комплексе.

#### **4. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОБОСНОВАННОСТЬ ВЫВОДОВ**

Достоверность и обоснованность полученных научных результатов подтверждается репрезентативной выборкой исходных данных, полученных на основе экспериментальных исследований и аналитических расчётов; корректным и методологически обоснованным применением специализированного математического аппарата и вычислительных программных продуктов. Принятые допущения обоснованы путём экспериментальной верификации результатов теоретических исследований.

Представленные в диссертационной работе Романовой Виктории Викторовны основные научные положения, выводы по главам, заключительные выводы и рекомендации являются в целом обоснованными.

#### **5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Диссертационная работа Романовой В.В. имеет конкретную практическую направленность. Наиболее важными результатами, имеющими практическую значимость являются:

1. Внедрённые в проектную (РУП «Белэнергосетьпроект») и эксплуатационную (АО «Татэлектромонтаж») практику методики направленные на снижение уровня несимметрии напряжений в ЭТК, и обеспечивающие оценку срока службы АЭД с учетом воздействующих факторов, условий и режимов работы.

2. Программа для определения оптимального места установки средств симметрирования» (Свидетельство о регистрации № 2018665997).

3. Рекомендации диссертационной работы включены в проект «Стратегии социально-экономического развития Забайкальского края до 2035 г.».

4. Материалы диссертационного исследования, используемые в учебном процессе Забайкальского государственного университета при подготовке студентов, обучающихся по направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Энергосбережение и энергоэффективность» в рамках курсов «Перспективные направления развития электротехнических комплексов», «Оптимизация режимов работы электроэнергетических систем».

#### **6. СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ**

Диссертационная работа Романовой В.В. отвечает критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023). В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

6.1. Указанная соискателем цель работы – повышение эффективности эксплуатации ЭТК с промышленной электродвигательной нагрузкой за счёт симметрирования напряжений – достигнута в рамках представленной диссертационной работы. В целом диссертация является законченной научно-

квалифицированной работой, так как содержит решение научной и практической задачи, имеющей существенное значение для обеспечения надежности систем электроснабжения с АЭД 0,4 кВ за счет обеспечения нормативного срока службы на основе учета воздействующих эксплуатационных факторов (п. 9).

6.2. Диссертация написана соискателем самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе ее автора в науку. Кроме того, в диссертации имеются сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов (акт о внедрении результатов исследования в РУП «Белэнергосетьпроект» и АО «Татэлектромонтаж»). Предложенные соискателем научно-практические решения аргументированы и сопоставлены с результатами исследований других авторов (п. 10).

6.3. Научные публикации Романовой В.В. – 48 печатных работ, в том числе в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК – 12, в коллективных монографиях – 1, в изданиях, входящих в базу данных Web of Science и Scopus – 6, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ – 1. Основные научные положения и результаты диссертации рассматривались на 10 международных и Всероссийских научных конференциях (п.п. 11-13).

6.4. В диссертационной работе Романовой В.В. сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов (п. 14).

6.5. Тема и содержание диссертации Романовой Виктории Викторовны соответствует паспорту научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» по следующим пунктам:

п. 1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования».

п. 2 «Разработка научных основ проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов, систем и их компонентов».

п. 4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов».

## **7. ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ**

При ознакомлении с диссертационной работой и авторефератом Романовой Виктории Викторовны возникли следующие вопросы и замечания:

1. В главе 1 диссертации выполнены исследования статистики повреждаемости асинхронных электродвигателей 0,4 кВ, эксплуатируемых на предприятиях Забайкальского края. Это позволило автору работы сделать вывод о том, что основной причиной выхода из строя изоляции обмоток

электродвигателей является тепловое воздействие, вследствие низкого качества питающего напряжения. Для подтверждения достоверности этого вывода необходимо привести основные параметры обработанных статистических данных (объем, полнота и однородность выборки, дисперсия, и др. параметры статистической обработки)?

2. Какими экспериментальными данными подтверждается утверждение о том, что наиболее значимыми параметрами эксплуатации, существенно влияющими на режимы работы и сокращение срока службы асинхронных электродвигателей серий 4А и АИ, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, и коэффициента загрузки?

3. Согласно проведенному анализу повреждаемости оборудования на предприятиях Забайкальского края автор отмечает, что «40 % отказов АД происходит из-за несимметрии питающей сети». Следует отметить, что тяговые подстанции также являются мощными источниками искажений в напряжении питающей сети. Каким образом проведен такой анализ в условиях одновременного наличия гармоник и несимметрии, и почему в работе не рассматривалась несинусоидальность напряжения питающей сети?

4. Разработанный метод экспериментального исследования режимов работы АД на основе компьютерной модели, описанный в разделе 2.3, по мнению автора, позволил проанализировать «физические процессы» в асинхронном двигателе. Однако, проводится лишь измерение токов обмоток статора при различных загрузке двигателя и амплитуде питающего напряжения? Модель представляет собой лишь стандартный блок трехфазного источника напряжения и асинхронного двигателя. В чем заключается научная новизна такого метода и модели?

5. Экспериментальная установка, на основе которой проводится верификация компьютерной модели, говорит лишь о том, что при различных величинах фазного напряжения компьютерная модель асинхронного двигателя соответствует физической модели асинхронного двигателя. Непонятно, зачем это было подтверждать? Также не ясно, почему верификация проводилась лишь в режимах «холостой ход» и «полная загрузка», хотя компьютерная и физическая модели позволяли реализовать промежуточные режимы работы АД?

6. Оценка срока службы асинхронных электродвигателей выполняется в работе по выражению (3.25) на стр. 94 диссертации, которое является упрощенным вариантом формулы (3.17) – стр. 92, полученной А.К. Шидловским [129], при условии, что снижение срока службы электродвигателей, по мнению автора, наступает тогда, когда достигается рекомендуемое значение  $K_{2U_{рек}}$ . Необходимо обосновать правильность и достоверность получаемых значений срока службы электродвигателей серий 4А и АИ по выражению (3.25) с учетом рекомендованных значений  $K_{2U_{рек}}$ , приведенных в таблице 3.6. на стр. 90?

7. Каким образом учитывается фактическое техническое состояние конкретного асинхронного электродвигателя при определении его срока службы, и что выступает в качестве количественной интегральной характеристики технического состояния?

8. Как автором диссертации обосновывается новизна разработанного

метода определения рациональных мест установки технических средств симметрирования в электротехническом комплексе с электродвигательной нагрузкой, чем этот метод отличается от существующих подходов, и чем, по мнению автора, отличается рациональное и оптимальное размещение в сети устройств симметрирования напряжения, или это одно и то же?

Приведенные замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, поскольку существенно не влияют на основные выводы, а также полученные научные и практические результаты.

## 8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа Романовой Виктории Викторовны является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, обладающей как актуальностью и научной новизной, так и практической значимостью полученных результатов, что подтверждается внедрением результатов исследования. В диссертационной работе решена важная научная и практическая задача – совершенствования методов оценки срока службы асинхронных электродвигателей 0,4 кВ большого класса промышленных объектов, что имеет существенное значение для эффективного развития электротехнических комплексов и систем.

Содержание диссертационной работы соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Текст диссертационной работы изложен доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы диссертационного исследования представлены в объеме, достаточном для понимания, доступно и репрезентативно. Сделанные в диссертационной работе выводы и сформулированные рекомендации аргументированы.

Автореферат диссертации Романовой Виктории Викторовны соответствует диссертационной работе по основным квалификационным признакам: цель, задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В целом диссертационная работа Романовой Виктории Викторовны на тему «Совершенствование методов оценки срока службы низковольтных асинхронных электродвигателей электротехнического комплекса», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук является актуальной, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует паспорту специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы». Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023), а ее автор **Романова Виктория Викторовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».**

Даю согласие на обработку персональных данных.

## ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой Базовая научная компетенция  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский горный университет»

**Александр Николаевич Назарычев**

28 июля 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждения  
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

Контактные данные: 199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров,  
21-я линия, дом 2.

Тел. (моб): +7(921) 961-41-34

E-mail: Nazarychev.AN@pers.spmi.ru

Web-сайт: <https://www.spmi.ru/>



*Назарычева А.Н.*

Заместитель начальника управления  
делопроизводства и контроля документооборота

Е.А. Гришина

28.07.2023