

## **О Т З Ы В**

**официального оппонента  
на диссертационную работу**

**Попова Александра Владимировича**

**«Исследование и разработка методов расчета эксплуатационной  
надежности изоляции обмоток высоковольтных асинхронных  
электродвигателей нефтехимического производства»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты**

Для рассмотрения официальному оппоненту представлены следующие материалы:

1) диссертационная работа на 138 страницах машинописного текста формата А4, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и одного приложения;

2) автореферат на 24 страницах формата А5.

### **Актуальность темы**

Значительная часть отказов высоковольтных электродвигателей в процессе эксплуатации происходит из-за повреждения изоляции обмоток статора. В связи с этим актуальной является проблема разработки методов расчета надежности изоляции высоковольтных асинхронных электродвигателей на этапе проектирования, позволяющих снизить уровень прохождения скрытых дефектов в эксплуатацию. Поэтому актуальность темы диссертационной работы Попова А. В., которая посвящена совершенствованию методик расчета эксплуатационной надежности изоляции обмоток высоковольтных асинхронных электродвигателей не вызывает сомнений.

### **Оценка структуры содержания работы**

Наименование и содержание глав диссертационной работы объединено внутренним единством достижения поставленной цели и решением широкого круга теоретических и практических задач, направленных на повышение надежности высоковольтных асинхронных электродвигателей нефтехимического производства.

Во В в е д е н и и обоснованы актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость исследования, приведены сведения по апробации и внедрению результатов работы.

В п е р в о й г л а в е проведен анализ этапов развития теории надежности электромеханических систем с учетом их проектирования, производства и эксплуатации, на основании которого выделены основные направления развития методов расчета надежности изоляции высоковольтных асинхронных электродвигателей. Показано, что наиболее перспективными являются структурно-функциональные методы, применение которых позволит снизить вероятность прохождения в эксплуатацию электрических машин с дефектами проектирования изоляции.

Во в т о р о й г л а в е проведен анализ элементной базы изоляции высоковольтного асинхронного электродвигателя, на основании которого разработана структурная схема базы паза и предложена методика формирования моделей с учетом элементов паза высоковольтного асинхронного электродвигателя. Отличительной особенностью разработанной структурной схемы и предложенной методики является возможность учета различных видов соединений элементов конструкции и их характеристик. На основе поэлементного анализа функциональных и конструктивных характеристик построена структурно-функциональная модель паза высоковольтного асинхронного электродвигателя.

Т р е т ь я г л а в а посвящена исследованию влияния эксплуатационных факторов на надежность высоковольтных асинхронных электродвигателей, в ходе которой получены характеристики нагревания высоковольтных асинхронных электродвигателей и вероятностные параметры интенсивности отказов и срока службы.

В ч е т в е р т о й г л а в е приводятся результаты анализа испытаний 108 электродвигателей в виде зависимостей времени безотказной работы деталей обмотки статора и характеристик надежности элементов паза статора высоковольтных асинхронных электродвигателей, из которых видно, что наименьшее время безотказной работы и наименьшую надежность имеет изоляция секции обмотки статора.

В з а к л ю ч е н и и сформулированы основные результаты диссертационной работы.

**Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов** достигаются корректным применением основных теорем теории вероятностей и математической статистики и базируются на согласованности результатов моделирования и данных экспериментальных исследований, полученных в условиях производственного эксперимента.

**Научная новизна** представленной диссертационной работы заключается в следующем:

1) выявлены и обоснованы основные факторы отклонения параметров надежности при построении структурных схем, отражающих свойства конструкции обмотки статора высоковольтных асинхронных электродвигателей, снижающие уровень адекватности существующих расчётных моделей;

2) разработаны основные ограничения и допущения для формирования структурно-функциональных моделей, позволяющие повысить адекватность описания надежности конструкции обмотки статора;

3) предложены дифференциальные уравнения в частных производных, характеризующие вероятностные состояния изоляции катушек обмотки статора, учитывающие межэлементные связи конструкции узла, позволяющие определять рациональные варианты структурных схем и параметры элементов;

4) разработана методика расчёта интенсивности отказов высоковольтных асинхронных электродвигателей по причине повреждения изоляции обмотки статора при дискретном изменении ее температуры в процессе эксплуатации для случая Гауссовского распределения величины нагрузки.

**Практическая ценность диссертационного исследования** заключается в том, что полученные научные и прикладные результаты могут быть использованы проектными, научно-исследовательскими институтами, промышленными предприятиями, где имеют место исследование и проектирование новых или модернизация существующих типов высоковольтных асинхронных электродвигателей. Методы расчёта могут быть использованы при совершенствовании системы планово-предупредительного ремонта в эксплуатации путем расчета рациональных сроков ремонта и определения его объема.

## **Апробация работы**

Работа прошла хорошую апробацию. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных конференциях и опубликованы в пятнадцати печатных работах, в том числе: в восьми статьях в изданиях из Перечня ВАК и одной монографии.

**Автореферат** отражает основное содержание диссертационной работы, написан литературным языком с использованием терминологии, принятой в данной отрасли науки и техники, стиль изложения – доказательный.

### **По диссертационной работе имеются следующие замечания:**

1) целью работы является повышение качества расчетов эксплуатационной надежности изоляции обмоток статора высоковольтных асинхронных электродвигателей нефтехимического производства мощностью от 200 до 5700 кВт, при этом автор не уточняет какими количественными характеристиками предполагается оценивать повышение качества расчетов, в работе не приводится количественная характеристика повышения качества расчетов в результате предлагаемых автором мероприятий по сравнению с расчетом известными методами и моделями;

2) при постановке задач исследования было бы более корректно говорить о повышении адекватности за счет структурно-функциональных моделей надежности конструкции обмотки статора высоковольтных асинхронных электродвигателей;

3) из текста на стр. 81, 82 не ясно, чем отличаются кривые нагрева и остывания высоковольтного асинхронного электродвигателя на рис. 3.4, 3.5 от аналогичных кривых асинхронных электродвигателей с напряжением 0,4 кВ;

4) на стр. 83 автор задается несколькими значениями перегрузки, для которых здесь же приводит значения превышения температуры изоляции, при этом не ясно – чем обусловлен выбор значений мощности перегрузки и как использовались при этом разработанные модели;

5) при анализе данных табл. 3.5 автор делает и без того известные выводы общего характера о нелинейном возрастании интенсивности отказов изоляции статора по мере увеличения температуры перегрева, при этом вид нелинейности и влияние специфики высоковольтных асинхронных электродвигателей не уточняются;

б) в материалах диссертации не приводятся сведения о практическом повышении надежности изоляции статора высоковольтных асинхронных электродвигателей нефтехимического производства за счет предложенных автором методов, моделей и мероприятий.

Оценивая уровень работы в целом, считаю, что диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук, в ней содержится решение задачи повышения эксплуатационной надежности изоляции обмоток статора высоковольтных асинхронных электродвигателей, которая имеет существенное значение для теории и практики электрических машин переменного тока.

Представленная диссертационная работа «Исследование и разработка методов расчета эксплуатационной надежности изоляции обмоток высоковольтных асинхронных электродвигателей нефтехимического производства», соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Попов Александр Владимирович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой  
электропривода и электротехники  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Казанский национальный  
исследовательский технологический университет»,  
доктор технических наук, доцент,  
Макаров Валерий Геннадьевич

Докторская диссертация защищена по специальности  
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
кафедра электропривода и электротехники  
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, 68  
тел. (843) 231-41-27  
e-mail: electroprivod@list.ru