

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу
Степанова Павла Ивановича
«Разработка методики и средств контроля технического состояния
электромеханического оборудования на основе комплексного анализа тока и
вибрации (на железнодорожном транспорте)»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды,
веществ, материалов и изделий»

Представленная к защите диссертационная работа Степанова П.И. посвящена повышению эффективности контроля технического состояния и оценки ресурса работы электромеханического оборудования на основе создания методики комплексного автоматизированного контроля, разработки алгоритмов и программного обеспечения для анализа диагностической информации.

Актуальность темы диссертации обуславливается тем, что одной из главных задач современного отечественного машиностроения является обеспечение высокого качества, увеличение безопасности и надежности машин при минимальных экономических затратах.

Настоящая диссертация соответствует основному направлению Национальной технологической инициативы (до 2035г.), согласно которой, необходимо развивать и совершенствовать искусственный интеллект и систему управления. Также необходимо применение систем контроля и диагностики для оперативного определения отказов, формирования сообщений локомотивным бригадам и сервисным центрам в целях сокращения времени простоя локомотивов в ремонте. В соответствии с этим для успешного выполнения данной задачи необходимо разрабатывать и совершенствовать методы и методики контроля технического состояния оборудования.

Структура и основное содержание работы. Диссертация четко структурирована, состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы из 184 наименований, четырех приложений. Основной текст диссертации изложен на 215 страницах машинописного текста,

илюстрируется 70 рисунками и 34 таблицы. Соискатель Степанов П. И. проанализировал большой объем научной литературы, что говорит о достаточном изучении автором степени разработанности проблемы.

Свое исследование в **первой главе** автор начинает с изучения проблемы и современного состояния приборов неразрушающего контроля оборудования. В главе отмечены проблемы современного неразрушающего контроля. Сделан вывод о том, что анализа вибрации, как наиболее распространенного вида контроля узлов, в ряде случаев может быть недостаточно. Одним из таких случаев является контроль технического состояния электромеханического оборудования железнодорожного транспорта. Для данных узлов обоснована необходимость комплексного использования механических и электрических параметров.

Во **второй главе** проведен анализ существующих методов электрического и вибрационного контроля, а также признаков проявления дефектов основных узлов электромеханического оборудования.

Анализ всей картины возникающих неисправностей электровозов 2ЭС10 показал, что следует вводить контроль состояния механических узлов (колесные пары и тяговые редукторы), т.к. данные элементы связаны с электродвигателем единым энергетическим потоком (электрической и механической энергии), циркулирующим в приводе.

Предложена методика контроля технического состояния, основанная на комплексе методов цифровой обработки сигналов, для этого разработаны следующие средства: информационно-измерительная система, диагностическая модель объекта контроля, блок принятия решений на основе нейронной сети.

Разработан общий алгоритм контроля технического состояния электромеханического оборудования.

В **третьей главе** представлена разработка средств контроля: информационно-измерительной системы, включающей в себя выбор оборудования и создание программных средств для сбора данных, и блока принятия решений о техническом состоянии объекта контроля и остаточном ресурсе работы.

В **четвертой главе** приводятся результаты экспериментальных исследований методики и средств контроля технического состояния

оборудования. Рассматривается типовое электромеханическое оборудование с последующей применимостью к реальному КМБ электровоза.

В главе проведен вейвлет-анализ электрического тока статора асинхронного двигателя, виброускорения и виброскорости.

Таким образом, приведенные данные лабораторных испытаний при использовании методики комплексного контроля позволяют повысить эффективность оценки остаточного ресурса работы, которая может быть выражена в повышении достоверности до 96%.

В пятой главе показано практическое применение методики комплексного контроля КМБ в существующей системе ремонта в сервисных депо электровозов 2ЭС10. Основным направлением работы следует выделить внедрение контроля и управление техническим состоянием КМБ перед ремонтным воздействием, чтобы обосновать целесообразность последнего, а также выделить конкретный узел для разборки.

Кроме того, экспериментально подтверждена возможность применения разработанной методики и средств для контроля КМБ электровозов на стендах испытаний КМБ 2ЭС10.

Научная новизна работы диссертационной работы заключается в том, что:

1. Разработана методика комплексного автоматизированного контроля технического состояния узлов электромеханического оборудования, отличающаяся совместным анализом механических и электрических параметров. Механическими диагностическими параметрами являются общий уровень виброускорения и виброскорости и коэффициенты их спектра дискретного вейвлет-преобразования. Электрическими диагностическими параметрами являются общий уровень тока статора приводного электродвигателя и коэффициенты его вейвлет-преобразования. Совместный анализ параметров разной физической природы на основе учета коэффициентов дискретного вейвлет-преобразования, изменяющихся в результате возникновения дефекта или неисправности узла, увеличивает фактическое количество диагностических признаков. Тем самым повышается эффективность контроля технического состояния в виде увеличения показателя достоверности до 96,4%.

2. На основе установленной связи диагностических признаков с видом дефекта или неисправности предложена диагностическая модель объекта контроля в виде таблиц функций неисправностей и способ идентификации технического состояния посредством блока принятия решений.

3. Предложены модель и алгоритм оценки остаточного ресурса работы электромеханического оборудования, отличающиеся использованием наиболее чувствительных диагностических признаков с возможностью оценки ресурса работы оборудования в условиях изменяющихся внешних нагрузок.

Новые научные результаты, выносимые на защиту, принадлежат лично автору диссертации. Займствования без ссылок на источники в диссертационной работе отсутствуют.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что разработана и апробирована методика комплексного автоматизированного контроля технического состояния электромеханического оборудования, которая при ее практической реализации обеспечит повышение эффективности этого контроля. Это позволит перейти от планового обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию, приведет к увеличению безопасности техногенных объектов, а также к расширению автоматизации систем контроля. По результатам проведенных исследований предложен вариант применения методики и средств контроля технического состояния колесно-моторных блоков на электровозы 2ЭС10 производства ООО «Уральские Локомотивы» (г. Верхняя Пышма).

Апробация результатов работы выполнена в достаточном объеме: Положения диссертационной работы доложены на 12 научно-технических конференциях и семинарах. Основные положения диссертационного исследования изложены в 21 научной работе, в том числе пять опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, и три статьи в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе данных Scopus.

Степень достоверности научных положений и результатов

Представленные результаты диссертационной работы получены на основе теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования выполнены с использованием цифровой обработки диагностических сигналов, системного анализа, методов идентификации, статистического анализа, теории искусственного интеллекта. Экспериментальные исследования выполнялись в лабораторных и производственных условиях, включали в себя апробацию разработанных методики и средств контроля на стендах. Обработка экспериментальных данных осуществлялась в автоматическом режиме с использованием разработанных программных продуктов в среде LabView. Достоверность полученных результатов исследований подтверждается корректной постановкой задач, соответствием теоретических результатов экспериментальным данным, согласованностью с результатами других авторов, а также воспроизводимостью в среде MatLab.

Замечания и вопросы по работе:

1. На рис. 2.9 представлен обобщенный алгоритм работы информационно-измерительной системы. Не указано, в каком месте производились измерения тока двигателя? Оказывают ли влияние на результат контроля гармоники, создаваемые частотным регулятором?
2. На стр. 88 сказано, что разработана методика контроля, основанная на вейвлет-анализе потребляемого тока электродвигателя и вейвлет-анализе виброускорения и выброскорости. Однако не сказано, на какой скорости рекомендуется проводить испытания. Из работ других авторов имеется информация, что дефекты могут проявляться на различных скоростях (т.н. динамические испытания).
3. На рис. 3.6 приведены входные и выходные параметры ИНС. Среди входных параметров необходимо добавить скорость, на которой проводились испытания. В выходных параметрах не сказано о дефектах сепаратора, состояния внутреннего и наружного кольца подшипника, состоянии тел качения.

4. В разделе 4.1 приводится описание лабораторных стендов и их испытания. В составе стенда №2 приводится червячный редуктор, однако в редукторе КМБ электровоза 2ЭС10 используется цилиндрический.

5. Значения выброскорости для одного подшипника в табл. 4.4 определены с разной точностью, чем это объясняется?

6. На рис. 4.25 и табл. 4.7 приводятся параметры контроля по току двигателя изменения которых составляют от 7 до 11%. Какова погрешность воспроизводимости этих параметров? (при повторных измерениях того же тока).

7. В таблице 4.15 представлены расчетные значения корреляционных коэффициентов Пирсона диагностических признаков. Сохранится ли такое соотношение для других скоростей вращения?

8. На стр. 153 показана достоверность диагностирования дефектов при тестирование обученной нейронной сети 96,4%, при котором на вход подавались реальные значения параметров (80 значений), полученные при имитации дефектов в лабораторных условиях. Будет ли справедливо это значение в условиях эксплуатации реальных объектов?

Заключение по диссертации

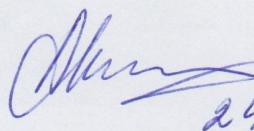
В целом, отмеченные замечания не влияют на полученные положительные результаты. Представленная диссертационная работа Степанова Павла Ивановича, ее уровень и полученные результаты позволяют сделать вывод, что работа является завершенной, логично обоснованной научно – квалификационной работой, оформленной в соответствии требованиями ВАК Минобрнауки РФ к оформлению кандидатских диссертаций. Работа содержит новые научно обоснованные результаты, внедрение которых внесет значительный вклад в совершенствование приборов и методов контроля подвижного состава железных дорог. Диссертация отвечает паспорту научной специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и соответствует критериям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Степанов Павел Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Теоретическая электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», доктор технических наук (по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»), профессор

Кузнецов Андрей Альбертович


24.11.2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», ФГБОУ ВО «ОмГУПС»

644046, г. Омск, пр. К. Маркса, 35

Телефон: 8 (3812) 31-06-88

E-mail: kuznetsovaa@omgups.ru

Подпись Кузнецова А. А. заверяю,
и. о. начальника УКД и ПО ОмГУПС,
Бушина Татьяна Афанасьевна

