

ОТЗЫВ

официального оппонента Шепелина Павла Викторовича
на диссертационную работу Мустафина Аделя Шамильевича
«Повышение энергетической эффективности грузовых электровозов семейства
«Ермак» за счет комплекса инновационных технических решений при
заводском ремонте», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.9.3 - Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация

Представленная на отзыв диссертационная работа общим объемом 170 страниц состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

1. Актуальность темы диссертационного исследования

В действующих нормативных документах говорится, что снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) относится к числу стратегических инициатив в локомотивном комплексе. При этом доля электроэнергии, затрачиваемой на тягу поездов, составляет около 90% от всей электрической энергии, потребляемой ОАО «РЖД». Поэтому уровень эффективности использования электроэнергии на тягу оказывает ключевое влияние на величину затрат компании на закупку ТЭР, в силу чего предусматривается последовательное снижение удельного расхода электроэнергии на тягу.

В свете сказанного, тема исследования является безусловно актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Объектом исследования являются грузовые электровозы переменного тока 2(3, 4)ЭС5К семейства «Ермак», имеющие коллекторные тяговые двигатели с плавным регулированием напряжения. Предметом исследования является изучение возможностей повышения энергетической эффективности грузовых электровозов переменного тока 2(3, 4)ЭС5К семейства «Ермак» в режиме тяги.

Для решения поставленных задач применены методы следующих научных дисциплин: теории электрических цепей (дифференциально-алгебраические уравнения процессов в силовой цепи); динамики твердого тела (дифференциальное уравнение вращательного движения якоря ТЭД); статистической обработки больших массивов экспериментальных данных (оценка энергопотребления грузовых электровозов в условиях эксплуатации); моделирования теплового режима ТЭД (при рассмотрении работы регулируемой вентиляции); трибологии (обоснование целесообразности применения электропроводящей смазки в КЩУ); программно-аппаратного моделирования для исследования работы ТЭД в штатном и энергоэффективном режимах (на основе программного пакета SimInTech отечественной разработки).

Таким образом, полученные в работе научные положения, выводы и рекомендации являются вполне обоснованными.

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов обеспечена корректностью формулировок поставленных задач, надежностью примененных теоретических методов и специализированных программных пакетов, и подтверждается сопоставлением результатов, полученных путем компьютерного моделирования, с данными заводских квалификационных и стендовых испытаний. Различие по основным показателям энергоэффективности ТЭД находится в пределах долей процента, что свидетельствует об адекватности построенных компьютерных моделей и о достоверности результатов моделирования, и позволяет использовать их для оценки энергопотребления.

4. Научная новизна результатов работы

Теоретическая значимость и научная новизна диссертационной работы заключаются:

1. В результатах исследования процессов в важнейших элементах тяговой системы электровоза (трансформатор, выпрямительно-инверторный преобразователь, сглаживающий реактор, ТЭД) и в полученных закономерностях.

2. В построении компьютерной модели электромеханических процессов в ТЭД с учетом потерь. Достоверность результатов моделирования подтверждена путем сопоставления с данными квалификационных испытаний.

3. В установлении закономерностей изменения КИМ и КПД двигателя в зависимости от потребляемой мощности.

4. В создании программно-аппаратного симулятора, предназначенного для имитационного моделирования процессов управления многодвигательным тяговым приводом электровоза.

5. В разработке методологии применения электропроводящей смазки щёток (подана заявка на изобретение).

5. Практическая значимость работы

В рецензируемой работе, проблемы повышения энергетической эффективности решались в комплексе, что позволило получить положительный итоговый результат и сформулировать актуальные практически значимые предложения. В дальнейшем, при получении положительных итогов испытаний модернизированных локомотивов, можно будет распространить предлагаемую программу модернизации на весь парк электровозов семейства «Ермак», поступающих на заводской ремонт на предприятиях АО «Желдорреммаш».

Практическая ценность заключается в получении значительного экономического эффекта за счет сокращения потребления электроэнергии на тягу. Показано, что степень использования установленной мощности грузовых электровозов на выбранном участке является неудовлетворительной: в штатном режиме работы тягового электропривода она составляет 0,22 для поездов массой 6300 т, и 0,12 – для поездов массой 1750 т. За счет применения предлагаемого алгоритма, расчетным путем доказана возможность существенного повышения энергетической эффективности электровозов. Оценка экономической эффективности составляет 4,78 млн. руб. на один электровоз. Результаты диссертации реализованы в виде рекомендаций по проведению модернизации электровозов «Ермак» в ходе заводского ремонта.

6. Полнота опубликования

Основные положения опубликованы в 14 работах, из них 5 статей в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, и 1 статья в журнале, входящем в базу Scopus.

7. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и достаточно полно его отражает. Автореферат диссертации состоит из общей характеристики диссертационной работы, краткого изложения содержания глав диссертации и полученных результатов работы.

8. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: п. 1. Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава (...) Методы и средства снижения энергетических потерь (...); п. 2. Системы и технологии эксплуатации, технического обслуживания, ремонта подвижного состава (...); п. 4. Совершенствование подвижного состава (...) Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава (...)

9. Замечания по диссертации и автореферату

1. По автореферату - Стр.5 п.1, по диссертации -стр.9 фактически входит в состав п.3. По моему мнению его (п.1) следует исключить или уточнить в п.3.
2. По автореферату - Стр. 9 (глава 2), по диссертации (глава 2) автор не рассматривает такой фактор, как наличие большого количества высших гармоник, заметно влияющих на механическую работу ТЭД и возникающих при работе преобразователя ВИП-4000м, построенном на базе 4х зонного фазового регулирования. Автор утверждает, что он не требует замены, однако известно, что эти гармоники заметно снижают ресурс не только ТЭД, но и простых по механике асинхронных вспомогательных машин, которыми оснащены все выпускаемые на данный

момент серии электровозов. Поэтому асинхронный привод использует не фазное, а импульсное высокочастотное регулирование, фактически нейтрализующее высшие гармоники. Поэтому переход на алгоритмы ДАУ будет малоэффективным, если не произвести замену преобразователя ВИП-4000м с фазным регулированием на преобразователь 4qS с импульсным регулированием.

3. По автореферату - П.3 стр.8, диссертация стр.111 (Глава 4) не понятно почему автор предлагает 2х скоростной режим работы вентиляторов, в отличии от постоянно изменяющегося в зависимости от температуры ТЭД режима охлаждения. Это тоже существенный фактор энергосбережения, который широко используется, но отвергается автором.
4. По автореферату - Стр.10 и п.5 на стр.21, по диссертации (Глава 2). Автор предлагает перенос системы ДАУ с электровозов «Атаман» с асинхронным тяговым приводом на электровозы «Ермак» с коллекторным двигателем. Данный переход может оказаться дорогим и не всегда работоспособным, т.е. нейтрализовать выгоды от энергоэффективности. Во-первых, требуется пересмотр всех алгоритмов. Во вторых, асинхронные тяговые двигатели имеют простейшую механику, фактически не подлежащую наблюдению и ТО на пробег 1 млн.км и более. Иными словами, алгоритмы ДАУ для асинхронных двигателей долгое время остаются постоянными без каких-либо коррекций. Это невозможно в системах коллекторных двигателей. Т.к. это сложная электромеханическая система зависит прежде всего от трудно контролируемого состояния коллекторно-щеточного узла. Присутствуют и субъективные факторы – соблюдение технологии ремонта и частое ТО коллекторно-щеточного узла. Все эти факторы в условиях эксплуатации в любой момент времени введут «в заблуждение» или вообще отключат ДАУ, т.к. получаемые для ДАУ от ТЭД значения токов и напряжений будут часто оказываться за пределами допустимости.
5. Некоторые пункты научной новизны соответствуют пункту практическая ценность, в частности:
 - Разработана функциональная схема регулируемой системы вентиляции, предусматривающая двухскоростной режим: а) с номинальной скоростью,

и б) с пониженной скоростью вращения вентилятора. При этом вентиляция работающих ТЭД осуществляется в полном объеме, а для отключенных обеспечивается около трети номинальной подачи, чтобы обеспечить необходимое давление воздуха в корпусах двигателей.

- Создан стенд (программно-аппаратный симулятор), предназначенный для имитационного моделирования процессов управления многодвигательным тяговым приводом электровоза.

6. Пояснить результаты исследования процессов в основных элементах тяговой системы электровозов «Ермак» (трансформатор, выпрямительно-инверторный преобразователь, сглаживающий реактор, ТЭД), указанные в п.1 научной новизны, в тексте автореферата представлена только компьютерная модель электромеханических процессов в ТЭД с учетом потерь.

7. В тексте автореферата отсутствуют заявленные на стр. 14:

- модель тепловых режимов элементов тяговой цепи электровоза на основе уравнения теплового баланса;

- методика определения текущей температуры перегрева силовых элементов тяговой цепи вследствие изменения тока якоря и производительности вентиляторов;

- функциональная схема регулируемой системы вентиляции, предусматривающая двухскоростной режим: с номинальной скоростью и с пониженной скоростью вращения мотор-вентиляторов.

8. В тексте автореферата не представлено описание алгоритма энергоэффективного управления ДАУ, представляющего собой элемент искусственного интеллекта в системе управления тяговой единицей. Не представлена компьютерная модель для получения результатов управления, при использовании данного алгоритма, а также не представлены данные по сходимости результатов и способ их получения.

9. По автореферату - На стр. 7 практическая ценность, по диссертации – стр.12: не совсем понятна часть фразы "180 оборотов локомотива в год", ее смысл становится более понятным на стр.13 т.е. при работе на указанной линии с указанной интенсивностью оборота локомотива.

10. По автореферату - Положение, выносимое на защиту №3 (стр.8) - не понятно, где схема или алгоритм, в главе 4 ее нет. По диссертации (Глава 4) - Как и чем при переводе на пониженную частоту осуществляется контроль температуры. Также в автореферате не представлена модель тепловых режимов, методика определения перегрева (стр.14, пункт № 7 стр. 21).
11. По автореферату - Положение, выносимое на защиту №6 (стр.8), по диссертации стр.128-131 (Глава 5) - не ясна степень влияния предлагаемой смазки на уменьшение повреждений, как и чем это подтверждается. Не указано, чем предлагаемый вариант отличается от прототипа (состав, характеристики, эффективность). Что такое нормальные условия для КЩУ (стр. 16)?
12. По автореферату - Последний абзац стр.11 (рис.2), по диссертации стр. 94 (рис.2.23, 2.24) - не совсем прослеживаются указанные величины мощности и КИМ, необходимо выделить значения или указать диапазон, обозначить оси на данном рисунке.
13. Не указаны критерии работы в режиме неполной нагрузки при отключении ТЭД (проценты или значения), последовательность отключения, порядковый номер и число отключаемых ТЭД для различных режимов и условий движения, одного значения параметра КИМ достаточно (почему значение 0,45, нужно обосновать)?
14. По автореферату (стр. 13), по диссертации (Главы 3.2.1, 3.2.2) - Почему для третьей главы были выбраны массы поездов 6300 и 1750т, были расчеты только для этих значений? Результаты показаны для одного участка, как они изменятся для других вариантов профиля? Какие факторы будут влиять на использование мощности в энергоэффективном режиме? Какова погрешность расчетов?
15. По автореферату (стр.13), по диссертации стр. 108 - Представленные экономические данные по третьей главе отражают только энергоэффективный режим (не учитывают технические решения по следующим главам)?

16. На базе какого программного обеспечения реализована модель электромеханических процессов в симуляторе (по диссертации - глава 6) Для чего нужна плата микроконтроллера? Каков алгоритм работы симулятора, как задается число работающих двигателей при помощи алгоритмов искусственного интеллекта или джойстиком? При практической реализации каковы временные рамки регулирования процесса для системы управления и объекта управления (ТЭД), какие критерии и интервалы времени нужны системе для отключения и включения ТЭД с точки зрения обеспечения энергоэффективности?

17. По автореферату - Пункт 4 (стр.20), по диссертации Пункт 4 (стр.148) - процент совпадения или погрешность необходимо указать.

18. По автореферату - Пункт 8 (стр.20), по диссертации Пункт 8 (стр.149) - какие показатели, характеризующие надежность КЩУ ТЭД, были рассмотрены? Как это осуществлялось? Где численные результаты?

Приведенные замечания не снижают ценности работы для науки и практики, диссертационная работа обладает научной новизной, практической значимостью и достоверностью основных результатов и имеет перспективы развития.

10. Заключение

Представленная Мустафиным А.Ш. диссертационная работа на тему "Повышение энергетической эффективности грузовых электровозов семейства «Ермак» за счет комплекса инновационных технических решений при заводском ремонте" является самостоятельной, логически завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для повышения энергетической эффективности грузовых магистральных электровозов переменного тока.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и рекомендации обоснованы. Диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Мустафин Адель Шамильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.9.3 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Официальный оппонент

кандидат технических наук по специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация, доцент, доцент кафедры «Тяговый подвижной состав» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения»



Шепелин Павел Викторович

«Я, Шепелин Павел Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку».

Кандидат технических наук,
доцент



Шепелин Павел Викторович

Адрес: 443006, г. Самара, ул. Свободы, 2В.

E-mail: shepelin@samgups.ru

Телефон: +79879422154



Согласие Шепелин П.В. заверено
И.О. профессора по подписанной
кошечкиной и Кошечкиной Л.А.