

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
ТАРАСОВА АЛЕКСЕЯ НИКОЛАЕВИЧА**
на тему «**УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМИ ТЯГОВЫМИ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ТЕЛЕЖКИ ЛОКОМОТИВА В
ПРЕДЕЛЬНЫХ ПО СЦЕПЛЕНИЮ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ**»,
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы
на соискание учёной степени кандидата технических наук

Актуальность темы исследования

Развитие и совершенствование тягового электропривода локомотивов с использованием асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором активно продолжается в настоящее время во всём мире. Основной задачей тягового электропривода является реализация предельных по условиям сцепления колес с рельсом сил тяги и электрического торможения. Решение этой задачи сохраняет свою актуальность и по сегодняшний день для тягового подвижного состава независимо от его типа и типа привода.

Оппонируемая работа посвящена разработке и внедрению алгоритмов прямого управления моментом асинхронными тяговыми двигателями (АТД) тягового привода маневрового тепловоза ТЭМ9Н, изготовленного Людиновским тепловозостроительным заводом в рамках пилотного проекта с участием автора диссертации. Решаемая в диссертации задача управления асинхронными тяговыми электродвигателями тележки локомотива в предельных по условиям сцепления режимах движения, несомненно, является актуальной.

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

Соискатель на основании опубликованных данных провел достаточно полный анализ литературных источников по системам управления тяговым электроприводом с асинхронными двигателями, систематизировал собранный материал, выполнил классификацию алгоритмов управления тяговым приводом на пределе по сцеплению и выбрал вариант построения системы управления, а также сформулировал задачи подлежащие исследованию.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена математическими доказательствами, обусловлена корректностью математических и физических моделей, обоснованностью принятых допущений, а также подтверждена совпадением результатов моделирования с результатами натурных испытаний тепловоза.

Научной новизной диссертации являются:

- способ управления тяговым приводом на пределе сцепления и алгоритм его реализации при групповом питании асинхронных двигателей одной тележки локомотива;

- разработанные математические и комплексные компьютерные модели тягового электропривода тепловоза ТЭМ9Н с системой управления, реализующей предельные по сцеплению усилия при групповом управлении двигателями тележки;

- результаты анализа работы тягового электропривода тепловоза в предельных по условиям сцепления режимах движения, подтвердившие работоспособность системы управления при групповом питании асинхронных двигателей.

Основные результаты диссертации опубликованы в 24 печатных работах, в том числе шесть статей в изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России. Получены три патента на изобретения и три патента на полезную модель. Результаты диссертации неоднократно обсуждались на конференциях, в том числе с международным участием, и получили одобрение ведущих специалистов.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

В целом результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области управления тяговым приводом на пределе сцепления при групповом питании асинхронных двигателей одной тележки локомотива.

Предложенный способ и алгоритмы управления тяговым приводом тележки, математические модели и методики моделирования тягового привода локомотива, выполненная классификация алгоритмов управления обладают теоретической значимостью и расширяют систему научных знаний в области тягового электропривода.

Разработанные компьютерные модели могут быть использованы для комплексного анализа динамики электромеханических процессов в системе тягового электропривода локомотива с опорно-осевым подвешиванием АТД и упругим зубчатым колесом редуктора при различных вариантах управления тяговым приводом на пределе сцепления.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (121 наименование) и пяти приложений. Общий объем работы составляет 144 страницы машинописного текста, включая таблицы и рисунки.

Структура диссертации построена логично - от анализа и оценки существующих алгоритмов управления тяговым электроприводом при реализации предельных усилий, к разработке новых алгоритмов управления, созданием математических и компьютерных моделей, оценкой их

адекватности и заканчивая сравнением результатов, полученных при моделировании, с результатами натурных испытаний тепловоза ТЭМ9Н.

Все поставленные в исследовании задачи полностью решены:

- выполнен анализ алгоритмов управления тяговым электроприводом в режиме реализации предельных усилий и обосновано применение системы прямого управления моментом асинхронного тягового двигателя;
- разработаны функциональная схема системы управления, способ и алгоритмы управления тяговым электроприводом тележки на пределе сцепления;
- разработана математическая и компьютерная модели системы управления тяговым электроприводом тележки на пределе сцепления;
- разработаны математические и компьютерные модели механической подсистемы тягового электропривода маневрового тепловоза ТЭМ9Н и на их основе произведён анализ динамических процессов в механической части привода;
- созданы электромеханические компьютерные модели тягового привода маневрового тепловоза и исследованы алгоритмы управления разгоном и электрическим торможением локомотива с регулированием тяговых двигателей тележки на пределе сцепления.

Диссертацию можно рассматривать как завершённую научную работу, в которой решены все поставленные задачи.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Оформление диссертации и автореферата отвечает требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Наряду с несомненными достоинствами диссертации следует отметить следующее:

1. При моделировании тягового электропривода не учтены процессы в дизель-генераторной установке, выпрямителе, повышающем преобразователе и конденсаторе фильтра.
2. При параллельном подключении двигателей к общему инвертору возможно протекание уравнивающих токов между двигателями.
3. В результатах модельных экспериментов, приведённых на рисунках 4.11, 4.12, слишком большая величина крива по сравнению с рисунками 4.9, 4.10.
4. В проведённых исследованиях не учитывается разница бандажей колёсных пар.
5. Целесообразно было бы сравнить результаты моделирования тягового электропривода в режиме реализации предельных усилий с результатами натурных испытаний тепловоза ТЭМ9Н в этих же режимах.
6. В предложенной методике определения резонансных частот по детализированной модели механической части тепловоза следует замедлить темп нарастания частоты возмущающего воздействия, иначе можно пропустить часть резонансных максимумов на низких частотах.

Высказанные замечания не являются принципиальными и не умаляют ценности диссертации.

Соответствие диссертации и автореферата установленным требованиям и критериям

Авторские публикации отражают основные положения и выводы диссертации достаточно полно. Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает основные результаты выполненных исследований. Диссертация соответствует специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней

Диссертация Тарасова Алексея Николаевича на соискание учёной степени кандидата технических наук соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»:

– по п. 10 - исследование обладает внутренним единством, содержит новые научно обоснованные положения и выводы для публичной защиты и свидетельствует о большом личном вкладе автора диссертации в область науки управления тяговым приводом на пределе сцепления при групповом питании асинхронных двигателей. Диссертация содержит рекомендации по использованию научных выводов, а предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;

– по п. 11 - основные научные результаты диссертации Тарасова А. Н. опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, указанных на официальном сайте ВАК в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»;

по п. 13 - количество авторских публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации Тарасова А. Н., в полной мере отвечают критериям «Положения о присуждении ученых степеней»;

по п. 14 - в диссертационной работе автор надлежащим образом ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. В диссертации соискатель Тарасов А. Н., следуя установленному Положением порядку, во всех главах своего исследования делает ссылки на авторов, источники цитируемых и заимствованных материалов или научных положений. Так же выделены работы, выполненные соискателем лично и в соавторстве.

Заключение

Диссертация Тарасова Алексея Николаевича на соискание учёной степени кандидата технических наук является завершённой, самостоятельно

выполненной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения по управлению асинхронным тяговым электроприводом тележки локомотива, обеспечивающим реализацию предельных по сцеплению тяговых и тормозных усилий, имеющие существенное значение для развития железнодорожного транспорта России, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Тарасов Алексей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,

Литовченко Виктор Васильевич, кандидат технических наук,
05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и
электрификация

почтовый адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9,
e-mail:Litov2002@mail.ru,

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)»,
доцент кафедры «Электропоезда и локомотивы»

В.В. Литовченко
07 декабря 2018 г.

Подпись руки	<u>Литовченко В.В.</u>
Заверяю	_____
Начальник Отраслевого центра подготовки научно – педагогических кадров	_____
высшей квалификации	<u>С.Н. Коржин</u>



Отзыв официального оппонента Пречисского В.А.

на диссертацию Тарасова Алексея Николаевича

**«Управление асинхронными тяговыми электродвигателями тележки
локомотива в предельных по сцеплению режимах движения»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертационного исследования

Асинхронные двигатели активно внедряются для локомотивной тяги во всём мире. Актуальность выбранной автором темы определяется, в первую очередь, целесообразностью в современных условиях развивать и совершенствовать на российских локомотивах отечественные системы и алгоритмы управления асинхронным тяговым электроприводом, используя для исследования функционирования привода современные методы математического и компьютерного моделирования и опытные образцы новых локомотивов.

Автор диссертации принимал участие в создании на Людиновском тепловозостроительном заводе гибридного маневрово-вывозного тепловоза ТЭМ9Н с асинхронными тяговыми двигателями (АТД) в рамках пилотного проекта. По экономическим показателям и условиям размещения на маневровых тепловозах целесообразно применять групповое питание АТД тележки от одного преобразователя частоты. Реализовать предельные усилия, необходимые маневровым и грузовым тепловозам при разгоне тяжеловесных составов (избегая при этом попадания в зону повышенного проскальзывания колёс), сложнее при параллельном питании асинхронных двигателей от одного частотного преобразователя, чем при индивидуальном подключении АТД. Такое регулирование пока недостаточно отработано, поэтому исследование управления асинхронными тяговыми электродвигателями тележки локомотива в предельных по сцеплению режимах движения является востребованной научно-технической задачей.

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

Методика и результаты исследований, рекомендации и выводы, представленные в диссертации, достаточно обоснованы, что обеспечивается правильным методологическим подходом: предварительным глубоким изучением и сопоставлением существующих систем управления тяговым электроприводом на пределе сцепления и дальнейшим анализом предлагаемых принципов управления с применением математических моделей, современных программных комплексов, численных и натурных экспериментов.

Достоверность и новизна результатов исследований

Для решения задач исследования автор использует апробированные методы математического моделирования электрических и механических систем, электромеханических преобразователей, а также сравнение результатов численных экспериментов с осциллограммами натурных испытаний гибридного маневрово-вывозного тепловоза ТЭМ9Н, в разработке и испытаниях которого автор диссертации принимал участие. Результаты, полученные путём моделирования на ЭВМ отдельных режимов работы системы управления (СУ), для которых производились натурные эксперименты, удовлетворительно совпадают с осциллограммами испытаний СУ ТЭМ9Н, что, наряду с корректностью принятых допущений и разработанных на их основе моделей, обеспечивает достоверность полученных результатов исследования.

При анализе вариантов управления тяговым электроприводом (ТЭП) автором диссертации разработана удачная классификация алгоритмов управления в режиме реализации предельных усилий, объединившая алгоритмы реализации максимальных по сцеплению усилий в отдельную группу, позволяющую выделить современный подход к построению систем управления, при котором ТЭП специально выводится на предел сцепления.

К основным результатам диссертационной работы, обладающими научной новизной, относятся также следующие положения:

- способ и алгоритмы управления тяговым электроприводом локомотива с групповым питанием двух асинхронных двигателей тележки при использовании варианта прямого управления результирующим моментом с общей адаптивной моделью двигателя и применением в системе управления в режиме тяги сигнала скорости АТД первой оси тележки, а в режиме торможения – скорости АТД второй оси тележки;

- математические и комплексные компьютерные модели тягового электропривода гибридного маневрово-вывозного тепловоза ТЭМ9Н с групповым питанием асинхронных двигателей тележки от одного инвертора и системой управления, выводящей на предел сцепления ось с меньшей вертикальной нагрузкой;

- результаты исследования функционирования ТЭП тележки, показавшие, что система работоспособна при разбросе значений сопротивления обмотки статора параллельно работающих двигателей до 15% при правильном определении значения среднего сопротивления статора общей адаптивной модели АТД и позволяет обеспечить реализацию потенциальных условий сцепления не менее чем на 90% при существенном различии вертикальных нагрузок осей тележки.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическую значимость имеют:

- классификация алгоритмов управления ТЭП локомотивов в режиме реализации предельных по сцеплению усилий;

- способ и алгоритмы управления тяговым электроприводом локомотива с параллельным подключением асинхронных двигателей тележки к одному инвертору;

- математические модели подсистем гибридного маневрового

тепловоза ТЭМ9Н и методика разработки комплексных электромеханических моделей ТЭП;

Практическая значимость состоит в следующем:

- разработанные модели, методики моделирования позволяют анализировать и отрабатывать перспективные варианты управления ТЭП тележки с параллельным питанием асинхронных двигателей от преобразователя частоты;

- результаты исследования функционирования ТЭП тележки тепловоза ТЭМ21 при варьировании потенциального коэффициента сцепления в диапазоне от 0,4 до 0,1 и разбросе параметров параллельно работающих АД до 15% подтверждают работоспособность системы и обеспечение потенциальных условий сцепления на уровне 90% в режиме реализации предельных усилий;

- предложенная методика определения резонансных частот ТЭП на модели механической части локомотива в квазистационарных и нестационарных режимах движения (с учётом всех нелинейностей модели) интересна для использования в качестве одного из инструментов частотного анализа в программном комплексе «Универсальный механизм».

Оценка содержания диссертации, её завершенности в целом

Диссертационная работа Тарасова А.Н. общим объемом 144 страницы состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка, включающего 121 наименование, и приложений.

Во введении обозначена актуальность темы диссертации и дана краткая характеристика работы.

Первая глава носит обзорный характер – здесь автор анализирует существующие системы управления ТЭП и аргументирует целесообразность применения в асинхронном тяговом электроприводе с реализацией предельных усилий вариантов системы прямого управления моментом с датчиком частоты вращения. В этой же главе выполнена удачная

классификация алгоритмов управления ТЭП в режиме реализации предельных усилий, сформулированы цели и задачи научного исследования.

Во второй главе представлен способ, функциональная схема и алгоритмы работы системы управления тяговым электроприводом тележки локомотива с реализацией предельных тяговых и тормозных усилий при групповом управлении асинхронными двигателями, выполнено математическое и компьютерное моделирование СУ. Приведены результаты моделирования разгона ТЭП с учётом перехода с многократной на однократную коммутацию вентилей автономного инвертора напряжения (АИН). Выполнено сравнение результатов экспериментального исследования ТЭП тепловоза ТЭМ9Н с результатами моделирования аналогичного режима при представлении АИН коммутационными функциями. Сопоставление экспериментальных и расчётных данных подтверждает достоверность результатов моделирования.

Третья глава посвящена разработке математических и компьютерных моделей механической части ТЭП, которые весьма важны при анализе предельных по сцеплению усилий. Разработаны два варианта моделей:

1) упрощённая модель ТЭП, с составлением математических уравнений на основе принципа Даламбера и расчётом коэффициента сцепления по методике Н.Н. Меншутина;

2) модель тепловоза ТЭМ9Н в программном комплексе «Универсальный механизм» с высокой степенью детализации, автоматическим синтезом уравнений движения и расчётом коэффициента сцепления по методике О. Полаха. С использованием детализированной модели тепловоза ТЭМ9Н определены резонансные частоты ТЭП по методике, предложенной автором, при работе на восходящем участке характеристики сцепления и при срыве сцепления (на падающем участке). Установлено изменение при срыве сцепления собственной частоты колебаний колёс с узлом на оси колёсной пары.

В четвертой главе разработаны комплексные электромеханические

модели ТЭП, включающие электрическую и механическую подсистемы и выполнено исследование динамических процессов реализации предельных усилий при использовании в СУ сигнала обратной связи по скорости АТД различных осей тележки и изменении следующих факторов: потенциального коэффициента сцепления и сопротивления обмоток статора и ротора параллельно работающих АТД.

В заключении приведены основные результаты и выводы, обоснованные в основной части диссертации.

Таким образом, диссертация в целом обладает внутренним единством и полностью завершена.

Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации

Содержание автореферата соответствует основным положениям и содержанию диссертации и отражает, цель, идеи, задачи и научные результаты работы.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор неудачно использует термин «разрывное управление», обозначающий целый класс способов дискретного управления (в первую очередь релейных систем), в то время как в диссертации используются варианты только одной системы, а именно - прямого управления моментом.

2. На рисунке 2.15 для релейного регулятора проскальзывания колёс вместо величины приращений ускорения следовало указать переключаемые значения задания ускорения a_1 и a_0 .

3. При переходе в режим однократной коммутации наблюдается значительный бросок тока статора (рис. 2.15).

4. Не обоснована необходимость присоединения к модели тепловоза при исследовании ТЭП состава из 10 вагонов при выполнении моделей вагонов с высокой степенью детализации.

5. В опытах на рис. 4.11, 4.12 целесообразно было бы изменить настройки регулятора проскальзывания колёс.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки работы.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям

ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертационная работа и автореферат диссертации выполнены в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». М.: Стандартинформ. – 2012.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным «Положением о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842

По п.9. Диссертация Тарасова А.Н. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технические решения в области тягового электропривода локомотивов, имеющие существенное значение для развития железнодорожного транспорта России.

По п.10. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации имеются сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов.

По п.11 – 13. Основные научные результаты диссертации отражены в шести статьях, опубликованных в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, а также патентах на изобретения и полезные модели.

По п.14. При использовании заимствованного материала или материалов работ, выполненных в соавторстве, имеются необходимые ссылки.

Заключение

Диссертация Тарасова А.Н. на соискание учёной степени кандидата технических наук, выполненная на тему «Управление асинхронными тяговыми электродвигателями тележки локомотива в предельных по сцеплению режимах движения», является завершённой, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения по совершенствованию системы управления асинхронным тяговым электроприводом тележки локомотива, позволяющие повысить тяговые и тормозные усилия и имеющие существенное значение для развития железнодорожного транспорта.

Полученные автором результаты достоверны, выводы научно обоснованы. Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор, Тарасов Алексей Николаевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,

Пречисский Владимир Антонович,

доктор технических наук по специальности 05.09.03 –

Электротехнические комплексы и системы;

почтовый адрес: 111250, г. Москва, Красноказарменная улица, д.14;

телефон: +7 963 691 1764;

адрес электронной почты: pretchis@gmail.com;

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

профессор кафедры Электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта

« 6 » декабря 2018 г.

Пречисский В.А.



Заместитель Начальника
Управления по работе с персоналом
Л.И. Полевая