



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

Комаров И. И., д.т.н.

« 12 » 11 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертацию Харисова Ильдара Ришатовича «Адаптивная система управления тяговым электроприводом магистрального электровоза с переменной структурой», представляемую на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

1. Актуальность диссертационной работы

Диссертация Харисова Ильдара Ришатовича посвящена разработке и апробации систем автоматического управления тяговыми электроприводами магистральных электровозов в условиях переменного сцепления колеса с рельсом, что напрямую влияет на безопасность, пропускную способность и экономику железнодорожных перевозок, включая снижение задержек из-за буксования и износа ходовых частей. В работе обоснована потребность в автоматическом поддержании эффективного скольжения при ухудшении сцепления, когда машинист не может обеспечить оптимальный режим тягового усилия, что делает разработку адаптивной системы с переменной структурой актуальной технической задачей для применения в отечественных подвижных составах.

2. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов обеспечена использованием методов теории автоматического управления, теории электропривода и имитационного моделирования в Matlab/Simulink с сопоставлением расчетных и экспериментальных данных на стенде полунатурного моделирования и на объекте в условиях промышленной эксплуатации, что подтверждает верификацию моделей и алгоритмов. Результаты испытаний на электровозе ЗЭС8, включая фиксацию автоматического изменения структуры системы и параметров регулятора при ухудшении сцепления, подтверждают работоспособность предложенных решений в реальных условиях.

3. Основные результаты диссертационной работы

- Разработана структура адаптивной системы управления тяговым усилием с переменной структурой, предусматривающая переключение между каналом задания машиниста и каналом поддержания оптимальной скорости скольжения в режимах избыточного скольжения.
- Предложен метод поиска оптимальной скорости скольжения по таблице зависимости от момента сцепления, формируемой по результатам заводских испытаний, что позволяет учитывать текущие условия сцепления при управлении.
- Создана комплексная математическая модель тягового электропривода с подсистемой определения эффективности скольжения и блоком задержки сигнала, обеспечивающая исследование систем управления в соответствии с предложенной классификацией.

- Синтезирован адаптивный ПИ-регулятор тягового момента с вычислением корректирующего коэффициента пропорциональной части по сигналу ошибки, что повышает устойчивость и качество регулирования при внешних возмущающих воздействиях.
- Выполнено сравнение классического и адаптивного ПИ-регуляторов и оценена эффективность изменяемой уставки скольжения, показавшие преимущество адаптивного подхода в условиях избыточного скольжения.

4. Новизна научных положений и значение выводов и рекомендаций для науки и практики

В работе предложены следующие оригинальные научные положения и результаты:

- классификация способов управления тяговым приводом по выполняемым функциям;
- метод определения оптимальной скорости скольжения в режиме избыточного скольжения;
- комплексная модель с учетом задержек;
- адаптивный ПИ-регулятор с корректировкой пропорциональной составляющей;
- критерий оценки эффективности системы при компьютерном моделировании.

Полученные результаты расширяют теорию и практику управления тяговыми электроприводами, решая задачу стабилизации эффективного скольжения при изменении сцепления, тем самым повышая реализуемую тягу и кинематические параметры электровоза.

Система внедрена в состав управления тяговым приводом электровоза 3ЭС8, что подтверждено актом внедрения, а натурные испытания показали устойчивое поддержание заданного скольжения со статической ошибкой в пределах 15% в условиях ухудшения сцепления. Показан технико-экономический эффект: при сопоставимых условиях электровоз 3ЭС8 обеспечивает лучшие режимы движения; при уравнивании скоростей выезда с подъема обеспечивается прирост массы перевозимого состава на 220 т за рейс и до 286 880 т в год, что снижает эксплуатационные издержки.

5. Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения, изложена на 166 страницах и включает 102 рисунка, 23 таблицы и список из 119 источников, что демонстрирует полноту обзора и глубину проработки. Содержание включает анализ предметной области, математическое моделирование, синтез алгоритмов, компьютерное и стендовое моделирование, натурные испытания и оценку экономической эффективности, что соответствует логике изложения и единству структуры научного исследования.

6. Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по цели, предмету, идее и задачам исследования, основным научным положениям, новизне и практической ценности.

7. Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ

Результаты апробированы на международных конференциях «Уральская горная школа – регионам» (2022, 2024), семинаре «Актуальные вопросы электропривода – 95 лет кафедре АЭП МЭИ» (2025) и XXII международном симпозиуме «Eltrans — 2025», что подтверждает экспертное обсуждение работы в профильном сообществе. По теме опубликовано 5 работ, включая 3 статьи в журналах из перечня ВАК России и/или Scopus, 2 публикации в трудах конференций, а также получено 10 патентов (7 изобретений и 3 полезные модели).

8. Замечания и дискуссионные положения

1. Следовало привести более детальные графики процессов избыточного скольжения с целью обоснования негативных воздействий данного явления на показатели и характеристики тяговых свойств магистрального электровоза;
2. В первой главе при анализе систем управления тяговым электроприводом не представлены механические характеристики электродвигателя, не выполнена оценка жесткости естественной механической характеристики на рабочем участке;
3. Не приведены допущения, принятые для выполнения преобразования Парка-Горева;
4. В формулах (2.22) и (2.23) указана постоянная времени цепи обмоток статора вместо постоянной времени цепи намагничивания;
5. При анализе вычислительных экспериментов по определению избыточного скольжения на основе динамической модели тягового

электропривода следовало выполнить оценку прямых показателей качества переходных процессов, в том числе перерегулирования;

6. Полезно уточнить диапазоны и закон адаптации коэффициента пропорциональной составляющей ПИ-регулятора, а также условия предотвращения автоколебаний при резких изменениях сцепления и задержках в каналах измерений.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

9. Заключение

1. Полученные Харисовым Ильдаром Ришатовичем в ходе выполнения исследований и изложенные в диссертационной работе научно-практические решения и результаты вносят существенный вклад в развитие систем автоматического управления тяговыми электроприводами магистральных электровозов. Научно-квалификационная работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, подтвержденные моделированием, стендовыми и натурными экспериментами, и соответствует паспорту специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

2. Диссертационная работа Харисова Ильдара Ришатовича «Адаптивная система управления тяговым электроприводом магистрального электровоза с переменной структурой» по объему исследований, их глубине, научной и практической значимости отвечает всем требованиям, установленным пунктами 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа, автореферат и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры Автоматизированного электропривода ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» 11 ноября 2025 года, протокол №4.

Старший научный сотрудник кафедры Автоматизированного электропривода ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», кандидат технических наук по специальности

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

11.11.2025

Шпак Дмитрий Михайлович

Старший научный сотрудник кафедры Автоматизированного электропривода ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», кандидат технических наук по специальности

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

11.11.2025

Кулик Егор Сергеевич

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Адрес: 111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.

Тел. +7 495 362-75-60; факс +7 495 362-89-38

Электронная почта: universe@mpei.ac.ru. Сайт: <https://mpei.ru>



Подпись: УДОСТОВЕРЯЮ

Заместитель начальника УПРАВЛЕНИЯ

по работе с персоналом Л.И. ПОЛЕВАЯ