

О Т З Ы В

официального оппонента – кандидата технических наук Кожемяки Николая Михайловича на диссертационную работу Зарифьяна Александра Александровича «Повышение энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

В настоящее время на железные дороги нашей страны поступают локомотивы с асинхронным тяговым приводом, что предусмотрено документом «Типы и основные параметры локомотивов» 2002 года. Асинхронный тяговый привод (АТП) имеет ряд хорошо известных преимуществ, однако необходимо отметить и другую сторону вопроса – мощные скоростные пассажирские электровозы с АТП, такие как ЭП20, в силу целого ряда обстоятельств лишь частично реализуют свою мощность.

Нормативные документы на современные электровозы определяют требования к КПД только в номинальных режимах работы электровоза. В этой связи на этапе разработки и постановки новых локомотивов в серийное производство не уделяется достаточное внимание их энергетической эффективности при нагрузках ниже номинальной.

С этой точки зрения, выбранная соискателем тема исследования является безусловно актуальной. Результаты, полученные в работе, имеют значительный теоретический и практический интерес.

Перейдем к детальному рассмотрению диссертации.

В первой главе «Состояние вопроса. Постановка задачи исследования» рассматривается проблема энергосбережения при работе тягового подвижного состава, выполнен обзор публикаций по возможности экономии электроэнергии на тягу за счет изменения числа работающих ТЭД.

Цель работы сформулирована соискателем как «создание метода адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью пассажирского электровоза с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока, основанного на возможности изменения числа работающих тяговых двигателей в зависимости от нагрузки, обусловленной усло-

виями движения». В результате, должны быть обеспечены мгновенных значения КПД электровоза при работе с частичной нагрузкой на уровне близком к номинальному значению КПД.

Далее сформулированы основные задачи исследования, направленные на достижение поставленной цели.

В качестве объекта исследования выбран скоростной пассажирский электровоз двойного питания ЭП20 «Олимп» с асинхронным тяговым приводом.

Во второй главе «Алгоритм повышения энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока» содержится анализ эксплуатационных показателей энергетической эффективности электровоза на различных участках: скоростном участке Москва – С.-Петербург; равнинном участке с ограничением скорости Москва – Рязань и горном участке Туапсе – Горячий Ключ. Опираясь на записи бортового регистратора, построены графики скорости, силы тяги, полезной мощности (мощности на тягу) и мощности, потребляемой из контактной сети.

Обобщение экспериментальных результатов позволило получить зависимость КПД электровоза от реализуемой мощности, а также от коэффициента использования мощности (КИМ), представлен аналитический вид этой зависимости. Этот результат является новым и позволил соискателю перейти к построению алгоритма повышения энергетической эффективности электровоза, опираясь на ясный и четкий критерий: чем более полно используется мощность электровоза, тем выше его КПД.

Предложенный соискателем в п.2.9 алгоритм адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью учитывает структуру силовых цепей электровоза при питании от сети постоянного тока, где имеется шесть параллельных независимых каналов с индивидуальным управлением. За счет этого, исходя из мощности, развиваемой локомотивом в данный момент времени, выбирается минимально достаточное число тяговых двигателей, способных обеспечить эту мощность, а избыточные двигатели временно выводятся из тяги. Таким образом, КИМ электровоза возрастает и приближается к своему предельному значению, а вместе с ним возрастает и КПД. Ал-

горитм реализован при помощи стандартных операций математической логики и не имеет внутренних противоречий.

В результате обеспечивается стабилизация значений КПД электровоза при работе в широком диапазоне нагрузок на уровне, близком к номинальному значению КПД, чем достигается повышение энергетической эффективности локомотивной тяги и существенное сокращение расхода электроэнергии.

Основные результаты второй главы опубликованы в ссылках [44,47-50] из списка литературы.

Третья глава диссертации «Построение компьютерных моделей электровоза и пассажирского поезда» содержит описание разработанных соискателем компьютерных моделей пассажирского электровоза и пассажирского поезда. Эти модели предназначены для оценки эффекта, получаемого за счет применения алгоритма, предложенного в главе 2.

Построена полноразмерная компьютерная модель электровоза ЭП20 при питании от сети постоянного тока как управляемой электромеханической системы с поосным регулированием силы тяги. В состав компьютерной модели электровоза входят: механическая часть, силовая электрическая часть и система управления. На верхнем уровне системы управления соискателем предложено включить в систему управления «Регулятор количества ТЭД в режиме тяги», реализующий алгоритм управления энергетической эффективностью, в чем и состоит главное отличие от известных моделей.

Компьютерная модель пассажирского поезда, состоящего из электровоза и состава пассажирских вагонов, построена по методике ПК «Универсальный Механизм» российской разработки и позволил получить оценки потребления электроэнергии как в штатном режиме тяги (при всех работающих ТЭД), так и в предложенном энергоэффективном режиме (при регулировании числа работающих ТЭД).

Результаты третьей главы опубликованы в [56-58] – построение компьютерной модели электровоза, и в [72] – построение компьютерной модели поезда.

Четвертая глава диссертации «Оценка энергетической эффективности электровоза в различных режимах работы при использовании предлагаемого алгоритма» содержит ключевые результаты диссертации, на которых основа-

но её практическое значение. Выполнено сопоставление результатов компьютерного моделирования движения пассажирского поезда с записями бортового регистратора, даны оценки сокращения расхода электрической энергии.

При работе в штатном режиме (все двигатели в тяге) в программу были введены спрямленный профиль участка и число пассажирских вагонов, а скоростной режим воспроизводил записи регистратора. Было получено, что отклонение значений скорости, силы тяги, потребленной энергии и энергии на тягу по результатам моделирования от записей регистратора на конкретных участках незначительно. Отсюда был сделан вывод об адекватности модели, и осуществлен переход к следующему этапу расчетов.

Выполнено моделирование движения поезда в энергоэффективном режиме (при регулировании числа работающих ТЭД) при условии соблюдения скоростного режима.

По результатам расчетов, прогнозируется снижение удельного расхода электроэнергии на участке Москва-Рязань на 25%. По данным Октябрьской ж.д., где в ноябре 2015 года электровоз ЭП20 работал с поездом «Невский экспресс» на линии С.-Петербург – Москва с одним отключенным двигателем, выявлена положительная динамика снижения удельного расхода на 4%. При расчете по компьютерной модели, при прочих равных условиях, получено сокращение удельного расхода на 3,4%, что позволяет сделать заключение о достоверности результатов моделирования. Аналогичные результаты получены на горном участке Туапсе – перевал.

При движении по участкам с условными профилями, утвержденными ОАО «РЖД», также была произведена оценка показателей энергоэффективности, соответствующие значения приведены в диссертации.

Необходимо особо подчеркнуть, что экспериментальная часть работы – это обработка записей бортового регистратора, которые производились в реальных условиях эксплуатации.

Что касается возможностей реализации алгоритма в полном объеме, то это требует изменения структуры системы управления путем внесения дополнительного блока. Такие изменения должны быть согласованы с разработчиком системы управления – фирмой «Альстом Транспорт» и требует решения других сопутствующих технических вопросов затронутых соискателем в пятой главе.

Необходимо подчеркнуть, что соискатель является штатным сотрудником проектной организации и в настоящее время занят разработкой систем управления перспективных электровозов по программе импортозамещения, где будут реализованы его предложения, содержащиеся в диссертации.

Материал четвертой главы опубликован в [48-49, 72].

В пятой главе диссертации «Контроль состояния контакта колесо-рельс и доработка вспомогательного привода при реализации энергоэффективного алгоритма» рассмотрены вопросы, связанные с практической реализацией энергоэффективного алгоритма. К ним относятся недопущение срыва колесных пар в бокование при возрастании нагрузки на подключаемые ТЭД; недопущение возникновения дополнительных продольно-динамических нагрузок по длине поезда; выравнивание ресурса всех ТЭД локомотива; контроль температурного режима работы силового электрооборудования и ТЭД. Часть поднятых здесь вопросов нуждается в дальнейшем изучении.

Материал пятой главы, связанный с требованиями к реализации алгоритма, был доложен, обсужден и опубликован в [47, 58, 72, 74-80].

По работе имеются замечания:

1. В работе отсутствуют прямые оценки экономического эффекта. Было бы целесообразно сопоставить финансовые затраты на модернизацию системы управления, дополненной предлагаемым алгоритмом, с цифрами годовой экономии за счет сокращения расхода электроэнергии на тягу, и определить таким образом срок окупаемости затрат.

2. Оценка энергоэффективности произведена без учета режима рекуперативного торможения, который реализуется на всех современных электровозах с АТП.

3. В работе не дана оценка влияния предложенного алгоритма на интенсивность износа колес электровоза.

Высказанные замечания не снижают ценности результатов диссертационной работы.

Научная новизна результатов диссертации состоит, прежде всего, в полученной соискателем зависимости КПД пассажирского электровоза от развиваемой им мощности, и в построенном на ее основе алгоритме адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью, обеспечивающим стабилизацию мгновенных значений КПД электровоза при работе во

широком диапазоне нагрузок на уровне близком к номинальному значению КПД.

Кроме того, безусловно новыми являются разработанные компьютерные модели: 1) пассажирского электровоза с АТП при питании от сети постоянного тока при наличии поосного регулирования тяговых двигателей, адаптированная для решения задач энергопотребления, и 2) пассажирского поезда, позволяющая воспроизводить режим ведения поезда по конкретному участку и рассчитывать основные показатели энергетической эффективности.

Дальнейшее развитие предложенного в работе метода повышения энергетической эффективности позволит применять его не только на пассажирских, но и на грузовых электровозах, при питании от сети и постоянного, и переменного тока, а также на магистральных тепловозах с АТП.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена адекватностью и корректностью формулировок математических задач и компьютерных моделей, адекватностью примененных методов и специализированных программных комплексов, и подтверждается сопоставлением результатов, полученных путем компьютерного моделирования, с данными записей бортового регистратора.

Результаты диссертации реализованы в виде алгоритмов и программного обеспечения, которые используются в ООО «Технологии рельсового транспорта» при разработке систем управления новых электровозов, о чем имеется акт внедрения. Кроме того, они могут быть использованы в других проектно-конструкторских организациях, занимающихся разработкой тягового подвижного состава (ОАО «ВНИКТИ», ООО «Уральские Локомотивы» и др.).

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация, по следующим позициям: п. 1. – Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышение их эксплуатационной надежности и работоспособности; п. 4 – Совершенствование подвижного состава, тяговых подстанций, тяговых сетей, включая преобразователи, аппараты, устройства защиты, схемы электроснабжения. Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава и устройств электроснабжения.

Материалы диссертации достаточно полно представлены в печати – опубликовано 16 научных работ, среди которых четыре в изданиях из перечня ВАК и две – из базы Scopus. Среди публикаций пять научных работ написаны самостоятельно, без соавторов. Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации.

Полагаю, что по уровню новизны и значимости для науки и практики рецензируемая диссертация полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, в том числе п. 9, является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся научно обоснованные технические решения по улучшению энергетических показателей пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом, имеющие существенное значение для развития железнодорожного транспорта страны.

Считаю, что её автор Александр Александрович Зарифьян достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

Официальный оппонент, технический директор
ЗАО «Научно-технический центр «ПРИВОД-Н»,
кандидат технических наук

346428, Россия, г. Новочеркасск, Ростовская область,
ул. Кривошлыкова, д. 4а
тел.: +7 (8635) 22 29 17
e-mail: nkozhemyaka@privod-n.ru



Кожемяка
Николай Михайлович

21.10.2016г.