

УДК 656.2 + 06

Т. З. Талахадзе

ГИБРИДНАЯ ТЯГОВАЯ СИСТЕМА ЛОКОМОТИВА

Аннотация. В статье выполнено обоснование выбора гибридной тяговой системы локомотива в соответствии с ролью дизель-генераторной установки. Сформулированы требования к гибридной тяговой системе локомотива. Рассмотрим возможные варианты распределения потоков энергии в гибридной тяговой системе локомотива.

Ключевые слова: локомотив, дизель-генераторная установка, тяговые электродвигатели, накопитель энергии, гибридная тяговая система, энергетическая эффективность.

Для цитирования: Талахадзе, Т. З. Гибридная тяговая система локомотива // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 67 – 70.

В рамках «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» [1], «Стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга)» [2], «Энергетической стратегией холдинга «РЖД» на период до 2015 года и на период до 2030 года» [3], «Долгосрочной программой развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации» предусмотрено снижение ресурсоемкости перевозок и их воздействия на окружающую среду [4]. В период до 2030 года необходимо в конструкции новых локомотивов реализовать следующие целевые параметры: сокращение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов на 10 – 15 %; применение асинхронного тягового привода и применение нескольких источников энергии.

Технологии накопления энергии успешно применяются на транспорте. Гибридные и электрические автомобили активно эксплуатируются и показывают хорошие показатели. Применительно к автомобильному транспорту существует три вида гибридных систем: последовательная (Full Hybrids, Plug-in Hybrid), параллельная (Mild Hybrids) и смешанная (Full Hybrids, Hybrid Synergy Drive). Гибридные системы отличаются ролью, которую в ней играет двигатель внутреннего сгорания [5].

Последовательная гибридная система наиболее подходит для использования на железнодорожном транспорте, так как в ней двигатель внутреннего сгорания применяется только в качестве привода генератора, который в свою очередь вырабатывает энергию и подает ее на обеспечение вспомогательных систем (собственных нужд локомотива), либо на тяговые электродвигатели, либо на устройство накопления электрической энергии (накопитель энергии) [6, 7]. При данной схеме исполнения гибридной системы мы получаем классическую дизель-генераторную установку в качестве источника первичной энергии и устройство накопления энергии в качестве вторичного источника. Такая схема позволяет минимизировать изменения в конструкции локомотива для реализации гибридной тяговой системы. Однако не дает возможности реализовать весь ее потенциал так как дизель-генераторная установка продолжает работать на переходных режимах.

Наиболее перспективным представляется использовать дизель-генераторную установку исключительно как источник энергии для накопителя, а уже от него питать тяговые электродвигатели и обеспечивать работу вспомогательных систем локомотива (рисунок 1).

Представленная гибридная тяговая система локомотива имеет два ярко выраженных модуля: генерирующая часть (дизель-генератор – выпрямительная установка – зарядно-

разрядное устройство – накопитель энергии) и тяговый электропривод (тяговые преобразователи – тяговые электродвигатели) [8].

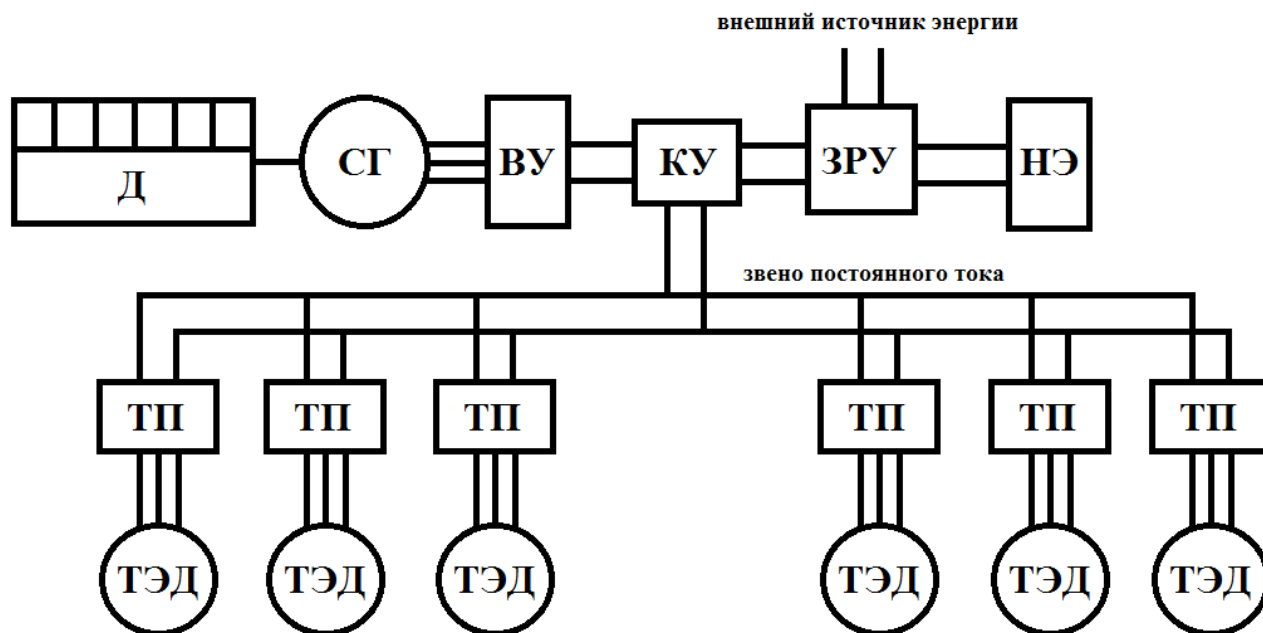


Рис. 1. Структурная схема гибридной тяговой системы локомотива

Предлагаемая гибридная тяговая система локомотива обеспечивает наиболее эффективную работу дизель-генераторной установки локомотива – номинальный режим работы, характеризующийся наилучшими показателями энергетической эффективности. При этом сохраняется возможность питания тяговых электродвигателей напрямую от дизель-генераторной установки, что дает возможность сохранять тяговые свойства локомотива при низком заряде накопителя энергии и для увеличения тяговых свойств локомотива при совместной работе дизель-генераторной установки и накопителя энергии.

При реализации предлагаемой тяговой системы необходимо предъявлять повышенные требования к системе управления потоками энергии в гибридной тяговой системе локомотива. Рассмотрим возможные варианты распределения потоков энергии в гибридной тяговой системе локомотива:

1. Энергия, вырабатываемая дизель-генераторной установкой (дизель генератор (Д) и синхронный тяговый генератор (Г)) поступает на выпрямительную установку, в которой преобразуется из переменной в постоянную и через коммутирующее устройство (КУ) подается на зарядно-разрядное устройство (ЗРУ) и затем на накопитель электрической энергии (НЭ) откуда поступает в звено постоянного тока (ЗПТ) – тяговые электродвигатели (ТЭД) в этом случае питаются от накопителя энергии, каждый через индивидуальный тяговый преобразователь (ТП).

2. Энергия, вырабатываемая дизель-генераторной установкой, поступает на ВУ, от нее на КУ и одновременно подается на НЭ через ЗРУ и в ЗПТ откуда питаются ТЭД – реализуется при низком заряде НЭ для сохранения тяговых свойств локомотива, одновременно обеспечивая тягу локомотива и восполнение заряда НЭ.

3. Энергия, вырабатываемая дизель-генераторной установкой, поступает на ВУ, от нее на КУ и подается в ЗПТ откуда через индивидуальные тяговые преобразователи на ТЭД – реализация классической тяговой системы тепловоза, может быть использована при неисправном НЭ.

4. Энергия, вырабатываемая дизель-генераторной установкой, поступает на ВУ, от нее на КУ и подается в ЗПТ, одновременно с этим, энергия от НЭ через ЗРУ и КУ также подается

в ЗПТ откуда через индивидуальные ТП поступает на ТЭД – реализация максимальной мощности тяговой системы локомотива для увеличения его тяговых свойств. Может быть реализована при эксплуатации ТЭД в 30- и 10-минутном режиме.

5. Энергия, вырабатываемая ТЭД в режиме рекуперации через ТП, ЗПТ и КУ поступает на ЗРУ для восполнения энергии в НЭ – реализуется при рекуперативном торможении.

6. Энергия от внешнего источника энергии (сеть депо, станции и т.д.) через ЗРУ поступает в НЭ для его зарядки – реализуется при длительных стоянках.

Заключение

Предлагаемая гибридная тяговая система позволит:

- использовать дизель-генераторную установку в режиме с наилучшими показателями энергетической эффективности – номинальном режиме работы, тем самым улучшить показатели энергетической эффективности;
- использовать в тяговой системе высокоэффективные асинхронные тяговые электродвигатели;
- управлять тяговым электроприводом (тяговыми электродвигателями) таким же образом, как это реализуется на электровозе;
- сократить расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поезда и снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- повысить тяговые свойства локомотива;
- накапливать и использовать на тягу поезда энергию рекуперативного торможения;
- увеличить жизненный цикл дизель-генераторной установки;
- реализовать модульный принцип построения тяговой системы локомотива.

Библиографический список

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Утверждена распоряжение Правительства РФ от 17.06.2008 года №877-р.
2. Стратегия научно-технологического развития холдинга РЖД на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Бела книга). – Москва: ОАО «РЖД». – 2015. – 128 с.
3. Энергетическая стратегия холдинга «РЖД» на период до 2015 года и на период до 2030 года. – Москва: ОАО «РЖД». – 2011. – 97 с.
4. Долгосрочная программа развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации: Утверждена распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 года №466-р.
5. **Талахадзе, Т. З.** Обзор существующих видов гибридных силовых установок и перспективы их применения на железнодорожном транспорте / Т. З. Талахадзе // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 2. – С. 64-66. – EDN XBNUPX.
6. **Зарифьян, А. А.** Обзор конструкций тягового подвижного состава, оснащенных гибридным тяговым приводом / А. А. Зарифьян, Т. З. Талахадзе // Транспорт: наука, образование, производство: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18–21 апреля 2017 года. Том 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 136-139. – EDN YSNZFZ.
7. **Гребенников, Н. В.** Научные основы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности / Н. В. Гребенников, А. А. Зарифьян // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3(68). – С. 49-53. – EDN PFLXEU.
8. **Талахадзе, Т. З.** Улучшение тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов за счет применения модульного исполнения элементов тяговой системы / Т. З. Талахадзе, Н. В. Гребенников, И. В. Больших // Бюллетень результатов научных

исследований. – 2023. – № 4. – С. 78-89. – DOI 10.20295/2223-9987-2023-4-78-89. – EDN QYDJUX.

T. Z. Talakhadze

HYBRID LOCOMOTIVE TRACTION SYSTEM

Abstract. This article provides a rationale for selecting a hybrid locomotive traction system based on the role of the diesel generator set. Requirements for a hybrid locomotive traction system are formulated. Possible energy flow distribution options within a hybrid locomotive traction system are discussed.

Keywords: locomotive, diesel generator set, traction electric motors, energy storage, hybrid traction system, energy efficiency.

For citation: Talakhadze, T. Z. Hybrid Locomotive Traction System / T. Z. Talakhadze // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2025. – № 3. – P. 67 – 70.

Сведения об авторах

Талахадзе Темур Зурабович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
и. о. заведующего кафедрой,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: 086temur086@gmail.com

Information about the authors

Talakhadze Temur Zurabovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Acting Head of the Chair,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: 086temur086@gmail.com