

УДК 629.4.023.5:621.3.013 + 06

Т. З. Талахадзе, И. А. Баланов, М. Г. Кришталев

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ НА ЛОКОМОТИВАХ

Аннотация. В статье рассматривается метод повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности за счет применения модульной структуры тяговой системы. Предложены схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах.

Ключевые слова: тепловозы, энергетическая эффективность, дизель-генераторная установка, модульная силовая установка, тяговый электропривод, тяговая система.

Для цитирования: Талахадзе, Т. З. Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах / Т. З. Талахадзе, И. А. Баланов, М. Г. Кришталев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 79–83.

Введение

Проблема недоиспользования полной доступной мощности локомотива активно изучается ведущими учеными железнодорожной отрасли, так как она напрямую влияет на энергетическую эффективность перевозочного процесса.

Специфика железнодорожного сообщения в нашей стране заключается в неравномерности, в связи с чем, и наблюдается недоиспользование доступной мощности локомотива. Неравномерность нагрузок на тяговую систему локомотива может быть вызвано различными факторами, такими как масса состава, рельеф профиля пути и род службы локомотива [1].

Для грузовых локомотивов характерна неравномерность нагрузки в четном и нечетном направлении движения, вызванная спецификой перевозочного процесса – перевозка грузов от места добычи (производства) к месту выгрузки – портам и др., что характеризуется движением в четном направлении груженых поездов, а в нечетном – порожних. Такая организация процесса перевозки неизбежно приводит к снижению энергетической эффективности. В ряде исследований установлено, что при движении порожних (легковесных) поездов энергетическая эффективность крайне низкая, о чем свидетельствует показатель удельного расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), так для легковесных поездов он на 25...30 % выше, чем при движении груженых поездов. Стоит отметить, что данная тенденция характерна для различных серий как автономных, так и неавтономных локомотивов. О чем свидетельствуют исследования, проведенные В.А. Перминовым, Ю.В. Бабковым, Е.С. Васюковым, Е.Е. Беловой, Н.В. Гребенниковым [2], А.А. Зарифьяном, А.А. Баклановым. Среднее значение коэффициента использования доступной мощности (КИДМ) магистрального грузового тепловоза не превышает 0,4 для груженого поезда, в то время, как для порожнего поезда он составляет всего 0,1...0,2, что свидетельствует о крайне низком показателе энергетической эффективности.

Также неравномерность нагрузки тяговой системы локомотива может быть обусловлена рельефом профиля пути. В работах [1, 3] показано, что при движении груженых поездов по равнинному (легкому) профилю пути, также наблюдается недоиспользование доступной мощности локомотива (среднее значение КИДМ не превышает 0,15).

Как показывают исследования [1, 2, 4, 5], совмещение зависимостей коэффициента полезного действия (КПД) и КИДМ локомотива показывает, что недоиспользование доступной

мощности локомотива приводит к расходу ТЭР в зонах с низким КПД, что существенно снижает энергетическую эффективность.

Повышение энергетической эффективности локомотива возможно за счет согласования мощности на тягу, необходимой для совершения полезной работы с мощностью, которую потребляемой мощностью [1, 2, 4]. Причем данный метод подходит как для автономного, так и неавтономного подвижного состава. Этого можно добиться за счет применения модульной конструкции силовой энергетической установки.

Разработка функциональной схемы локомотива с модульной силовой установкой

Основываясь на результатах исследований [1-4, 6], а также опираясь на уже имеющийся опыт создания многодизельных силовых установок на железнодорожном тяговом подвижном составе, разработаем функциональную схему тяговой системы грузового магистрального локомотива, построенной по модульному принципу. Тяговая система такого локомотива должна иметь два модуля – модуль «силовая энергетическая установка» «СЭУ» и модуль «тяговый электрический привод» «ТЭП». Отметим, что модуль «СЭУ» должен представлять не моноблочную конструкцию, состоящую из одного дизель-генератора, как наэксплуатируемых тепловозах, а должен состоять из нескольких дизель-генераторных установок (генерирующих модулей) модульного типа.

Функциональная схема тяговой системы грузового магистрального локомотива с СЭУ модульного типа, состоящей из нескольких генерирующих модулей представлена на рисунке 1.

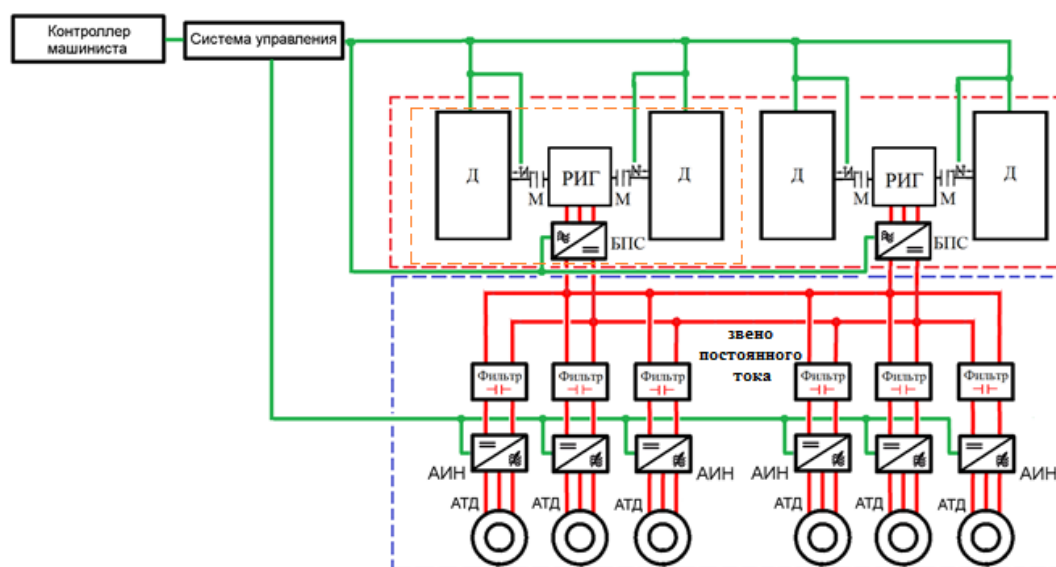


Рис. 1. Функциональная схема тяговой системы грузового магистрального локомотива с СЭУ модульного типа, состоящей из нескольких генерирующих модулей:

Д – дизельные двигатели; М – управляемая электромагнитная муфта;
РИГ – реактивный индукторный генератор; БПС – блок питания силовой; АИН – автономный инвертор напряжения; АТД – асинхронный тяговый двигатель

На рисунке 1 модуль «ТЭП» выделен синей пунктирной линией, модуль СЭУ выделен красной пунктирной линией, генерирующий модуль в составе модуля «СЭУ» выделен оранжевой пунктирной линией, а цепи системы управления обозначены зелеными линиями.

Каждый из двух генерирующих модулей в составе модуля «СЭУ» состоит из двух дизельных двигателей, соединенных с валом реактивного индукторного генератора через управляемые электромагнитные муфты, как показано на рисунке 1.

Выделим ряд обязательных требований для применения модульной тяговой системы локомотива:

1. Мощность дизельных двигателей в составе одного генерирующего модуля, а также количество генерирующих модулей, входящих в состав модуля «СЭУ» должна быть подобрана таким образом, чтобы суммарно она была не меньше мощности моноблочной СЭУ тепловозов, находящихся в эксплуатации.

2. Наличие звена постоянного тока, к которому с одной стороны подводится генерируемая энергия модулем «СЭУ», а с другой забирается энергия для питания модуля «ТЭП». Такая конструкция позволяет в полной мере реализовать модульный принцип построения тяговой системы, дает возможность применения различных типов первичных источников энергии в составе модуля «СЭУ», а также снижает потери, вызванные токовой нагрузкой.

3. Применение в составе модуля «ТЭП» бесколлекторных тяговых электрических двигателей и тяговых преобразователей (автономных инверторов напряжения), обеспечивающих возможность индивидуального регулирования мощности каждого ТЭД, вплоть до полного отключения.

Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах

В качестве прототипа локомотива для установки модульной «СЭУ» взят существующий грузовой магистральный тепловоз 2ТЭ25КМ, мощность ДГУ которого на секцию составляет 2650 кВт. Модульная «СЭУ» размещается вместо штатной моноблочной ДГУ, а один генерирующий модуль (рисунок 2) может включать два двенадцатицилиндровых V-образных дизельных двигателя производства М790 ПАО «ЗВЕЗДА» номинальной мощностью 800 кВт каждый, соединенных с валом реактивного индукторного генератора номинальной мощностью 1600 кВт (общий для двух дизельных двигателей) через управляемые электромагнитные муфты. Реактивно индукторный генератор оснащается силовым блоком питания (БПС), имеющим на выходе постоянное стабилизированное напряжение, поступающее на шину постоянного тока (напряжения). Мощность модуля «СЭУ», состоящего из двух генерирующих модулей одной секции тепловоза составит 3200 кВт, что больше мощности штатной ДГУ тепловоза 2ТЭ25КМ.

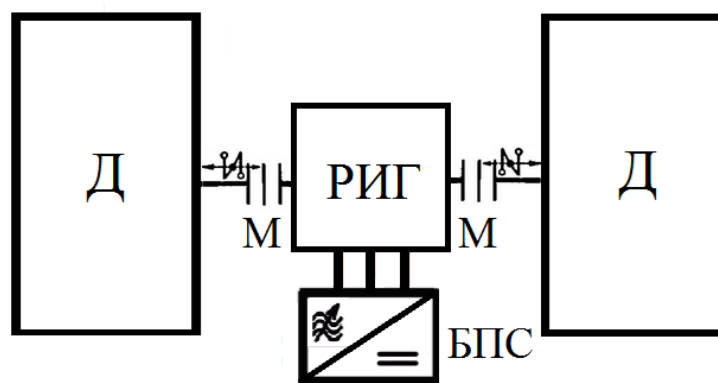


Рис. 2. Конструкция генерирующего модуля в составе «СЭУ» перспективного локомотива:

Д – двенадцатицилиндровые дизельные двигатели; М – управляемая электромагнитная муфта; РИГ – реактивный индукторный генератор; БПС – блок питания силовой.

По предварительной оценке, масса одного генерирующего модуля в составе двух дизельных двигателей массой 2000 кг каждый и генератора вместе с БПС массой 4500 кг составит около 9000 кг, тогда масса модуля «СЭУ», состоящего из двух генерирующих модулей составит порядка 18000 кг.

Размещение модуля «СЭУ», предложенной конструкции в кузове тепловоза представлено на рисунке 3.

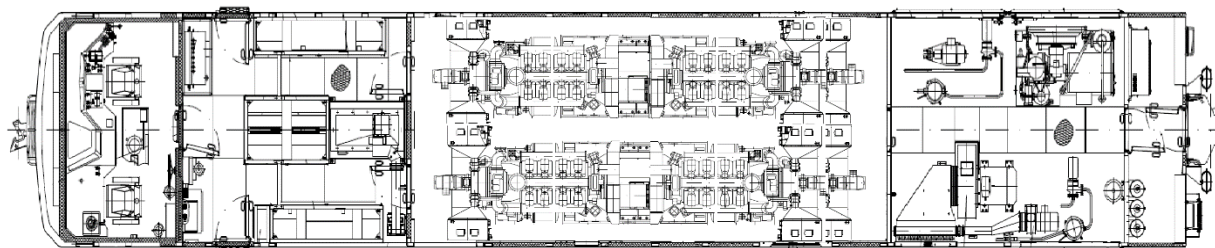


Рис. 3. Размещение модуля «СЭУ», предложенной конструкции в кузове тепловоза 2ТЭ25KM

Заключение

Предложенная конструкция модуля «СЭУ» позволяет в процессе эксплуатации оперативно регулировать значение мощности, генерируемой модулем «СЭУ» за счет отключения/подключения отдельных дизельных двигателей, оставляя режим работы каждого дизеля в зоне номинального значения КПД, что приводит к увеличению энергетической эффективности и позволяет существенно снизить расход ТЭР на тягу поезда.

Библиографический список

1. Талахадзе, Т. З. Повышение энергетической эффективности магистральных тепловозов за счет перехода к модульным силовым установкам : специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Талахадзе Темур Зурабович, 2019. – 164 с. – EDN ZBGQPX.
2. Гребенников, Н. В. Оценка энергетической эффективности локомотивов в эксплуатации / Н. В. Гребенников // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-2(84). – С. 118-125.
3. Зарифьян, А. А. О возможности повышения энергетической эффективности локомотивов при работе с частичной нагрузкой / А. А. Зарифьян, Н. В. Гребенников, Т. З. Талахадзе // Транспорт: наука, образование, производство : труды международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–15 апреля 2016 года / Ростовский государственный университет путей сообщения; Председатель организационного комитета конференции А.Н. Гуда. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 74-76. – EDN YKHTBN.
4. Зарифьян, А. А. Анализ эксплуатационных показателей энергетической эффективности грузовых тепловозов / А. А. Зарифьян, Т. З. Талахадзе // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3(71). – С. 46-53. – EDN OZSNVI.
5. Зарифьян, А. А. Показатели энергетической эффективности грузовых магистральных электровозов в различных условиях эксплуатации / А. А. Зарифьян // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2019. – № 2(46). – С. 28-35. – EDN NIPMTN.
6. Зарифьян, А. А. Концептуальные направления развития структуры тягово-энергетических систем локомотивов / А. А. Зарифьян, Н. В. Гребенников // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2024. – Т. 67, № 3. – С. 92-98.

T. Z. Talakhadze, I. A. Balanov, M. G. Krishtalev

CIRCUIT DESIGN SOLUTIONS FOR USING A MODULAR POWER PLANT ON LOCOMOTIVES

Abstract. The article discusses the method for increasing the energy efficiency of autonomous locomotives with electric power transmission through the use of a modular structure of the traction system. Circuit design solutions for using a modular power plant on locomotives are proposed.

Keywords: diesel locomotives, energy efficiency, diesel-generator unit, modular power plant, electric traction drive, traction system.

For citation: Talakhadze, T. Z. Circuit Design Solutions for Using a Modular Power Plant on Locomotives / T. Z. Talakhadze, I. A. Balanov, M. G. Krishtalev // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 79–83.

Сведения об авторах

Талахадзе Темур Зурабович

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

Баланов Игорь Андреевич

Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
аспирант,

Кришталеv Максим Геннадьевич

Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент

Information about the authors

Talakhadze Temur Zurabovich

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

Balanov Igor Andreevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Graduate Student

Krishtalev Maxim Gennad'evich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student