

И. И. Прокофьев

НАКОПИТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА МАНЕВРОВОМ ТЕПЛОВОЗЕ

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос применения накопителей электрической энергии в силовых установках маневровых тепловозов. Предлагаемые в статье схемные решения позволяют снизить расход дизельного топлива локомотивом и увеличить мощность и крутящий момент на валу тягового двигателя тепловоза.

Ключевые слова: накопители энергии, маневровый тепловоз, гибридная силовая установка, гибридный локомотив, энергосбережение.

Для цитирования: Прокофьев, И. И. Накопитель электрической энергии на маневровом тепловозе / И. И. Прокофьев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 1. – С. 144–148. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_144.

В соответствии с комплексной государственной программой Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» разработка мер по энергосбережению, повышению эффективности, в том числе и в сфере транспорта, является приоритетным направлением государственной политики [1].

Выполнение маневровой работы является одной из важных задач эксплуатации парка локомотивов, при этом большую часть этой работы выполняется тепловозами.

Особенностью работы маневровых локомотивов являются частые тягово-тормозные циклы при выполнении таких технологических операциях, как подача или уборка составов к месту стоянки, погрузки или выгрузки, одиночное следование локомотива, вывозная работа и работа на подъездных путях и путях промышленных предприятий.

Тепловозы имеют большой расход энергетических ресурсов в виде дизельного топлива на холостом ходу, а холостой ход обычно составляет до 60% от общего времени работы на станции [2]. Кроме того, хотя тепловозы в номинальном режиме и имеют коэффициент полезного действия до 30%, но для маневровой работы характерны режимы, когда реализуется неполная мощность локомотива. Все эти факторы снижают КПД маневрового тепловоза до 9 – 13% [2].

В настоящее время широко распространяются гибридные локомотивы, на которых применяется силовая установка с не менее чем двумя различными источниками энергии. Одним из вариантов дополнительного источника энергии является накопитель электрической энергии.

Применение накопителей энергии способствует уменьшению расхода топлива, снижению загрязнения окружающей среды и повышению мощности силовой установки локомотива.

Экономия топливных ресурсов локомотива и снижение объёмов выбросов CO₂ достигается за счёт оптимизации работы дизеля при использовании в гибридной силовой установке накопителя энергии [3]. Так, компанией АО «Трансмашхолдинг» в партнерстве с группой компаний Ctrl2GO был представлен гибридный локомотив ТЭМ5Х, который оснащён дизелем и литий-ионной аккумуляторной батареей с емкостью 240 кВт·ч и экономией топлива до 30% [4, 5].

Кроме этого, за счёт энергии накопителя электрической энергии появляется возможность увеличения момента и мощности на валу тяговых двигателей маневрового тепловоза [5]. Также появляется возможность использовать накопленную энергию при пуске

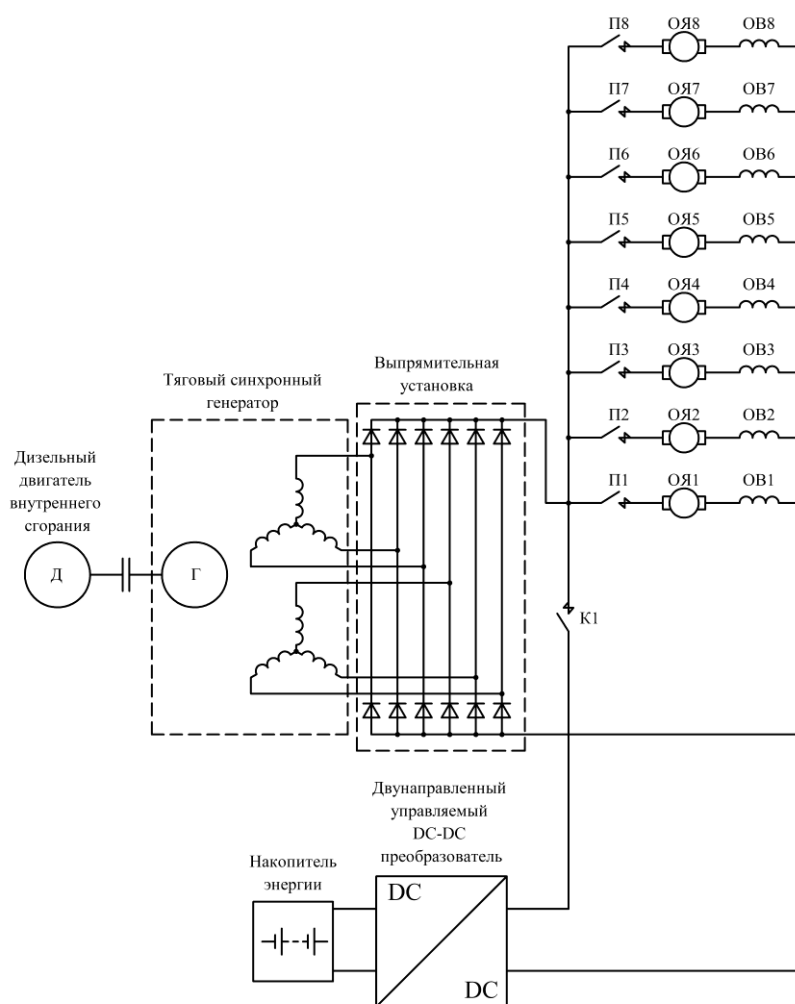


Рис. 1. Схема подключения накопителя энергии к тяговой электрической передаче тепловоза переменного-постоянного тока

дизельного двигателя внутреннего сгорания [5].

Известно, что тепловозы не оборудованы системами электрического рекуперативного торможения, что связано с отсутствием потребителей электроэнергии при торможении. Применение накопителей энергии в силовых установках позволит накапливать энергию торможения для последующего использования в режиме тяги или в режиме пуска дизеля.

На рисунке 1 приведена схема подключения накопителя энергии с управляемым устройством заряда-разряда к силовой электрической цепи тепловоза. В рассмотренном случае представлен тепловоз с электрической передачей переменного-постоянного тока. Дизель в данном случае является основным источником энергии, а накопитель электрической энергии – дополнительным.

Для включения накопителя в силовую цепь предусмотрен ключ К1, а для регулирования процессов заряда и разряда – устройство заряда и разряда.

Устройство заряда и разряда представлено в виде двухнаправленного DC-DC преобразователя [6], который позволяет регулировать величину разрядных и зарядных токов. Электрическая схема DC-DC преобразователя представлена на рисунке 2, где U_n - напряжение, приложенное к нагрузке (к тяговым двигателям), а $U_{нэ}$ – напряжение, приложенное к накопителю электрической энергии. В данном случае DC-DC преобразователь не имеет гальванической развязки и представляет собой понижающий преобразователь при заряде накопителя энергии и повышающий преобразователь при работе [6].

Накопитель энергии (рисунок 3) может быть представлен в виде последовательно-параллельных включённых в цепь ячеек аккумуляторов или суперконденсаторов, а также в виде гибридной системы накопления электрической энергии, в которую включены аккумуляторные и суперконденсаторные ячейки [3].

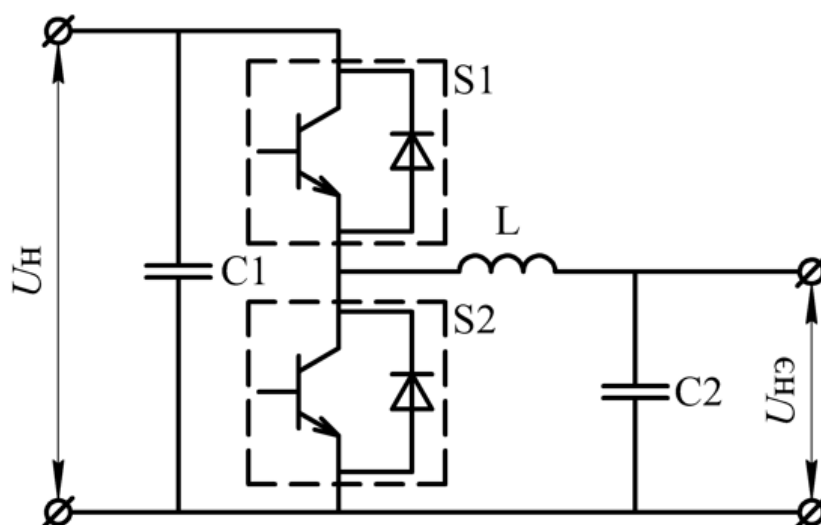


Рис. 2. Схема двунаправленного DC-DC преобразователя

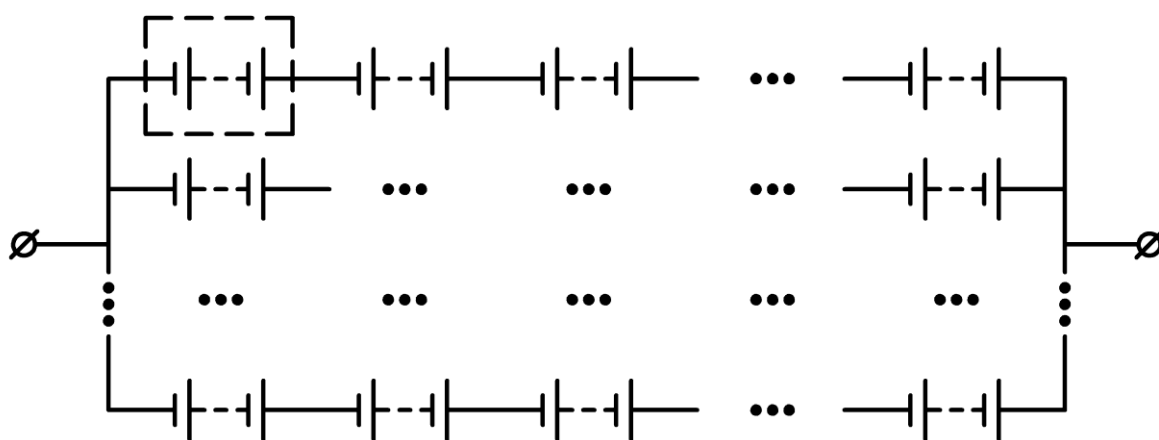


Рис. 3. Схема подключения аккумуляторных ячеек в накопителе энергии

Процесс заряда накопителя энергии реализуется в генераторном режиме работы тяговых электрических машин (в режиме электрического рекуперативного торможения), при этом двунаправленный DC-DC преобразователь работает в режиме понижающего преобразователя [6]. Разряд накопителя осуществляется в двигательном режиме работы тяговых электрических машин (в режиме тяги), при этом двунаправленный DC-DC преобразователь работает в режиме повышения напряжения [6].

Необходимо отметить, что режим совместной работы дизельного двигателя и накопителя энергии в тяговом режиме позволяет суммировать их мощности, тем самым повышая крутящий момент и общую выходную мощность на валах тяговых электродвигателей.

Представленные на рисунках 1 и 2 схемные решения позволяют осуществить рекуперативное торможение. В этом режиме накопитель энергии выступает в роли потребителя, а затем использует накопленный заряд для тяги. Это, в свою очередь, снижает расход топлива тепловозом и даёт возможность повысить крутящий момент и мощность на валу тягового двигателя.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. N 1473 «Об утверждении комплексной государственной программы российской федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности»». – URL: <https://base.garant.ru/407632842/> (дата обращения: 27.06.2025)
2. Использование контактно-аккумуляторных электровозов для маневровой работы на станциях / Ю. М. Иньков, А. С. Космодамианский, Г. А. Федяева, В. П. Феоктистов // Наука и техника транспорта. – 2014. – №4. – С. 9-15. – ISSN: 2074-9325.
3. **Титова, Т. С.** Повышение энергетической эффективности локомотивов с накопителями энергии / Т. С. Титова, А. М. Евстафьев // Известия петербургского университета путей сообщения. – 2017. – №4. – С. 200-210. – ISSN: 1815-588X.
4. Маневровый гибридный тепловоз ТЭМ5Х // Склад и техника: – URL: <https://sitmag.ru/article/25569-manetroviy-gibridniy-teplovov-tem5h-gibridniy-avtonomniy-lokomotiv-obrel-plot?ysclid=mhqjxh42r2103115432> (дата обращения: 08.11.2025).
5. **Кузнецов, Г. Ю.** Повышение технических характеристик автономных локомотивов литий-ионной тяговой батареей / Г. Ю. Кузнецов, Е. Ю. Логинова // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2022. – №4(52). – С. 57 – 65. – ISSN: 2220-4245.
6. Bidirectional DC-DC Converters for Energy Storage Systems / H. R., Karshenas, H., Daneshpajoo, A., Safae, P., Jain, A., Bakhshai // Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids. – 2011. – pp. 161-178. DOI: 10.5772/23494

References

1. Russian Government Resolution No. 1473 of September 9, 2023, "On Approval of the Comprehensive State Program of the Russian Federation 'Energy Conservation and Improving Energy Efficiency'." – URL: <https://base.garant.ru/407632842/> (accessed: June 27, 2025)
2. Use of contact-battery electric locomotives for shunting operations at stations / Yu. M. Inkov, A. S. Kosmodamiansky, G. A. Fedyaeva, V. P. Feoktistov // Science and Technology of Transport. - 2014. - No. 4. - P. 9-15. - ISSN: 2074-9325.
3. **Titova, T. S.** Improving the energy efficiency of locomotives with energy storage devices / T. S. Titova, A. M. Evstafiev // Bulletin of the St. Petersburg University of Railway Engineering. - 2017. - No. 4. - P. 200-210. - ISSN: 1815-588X.
4. Shunting hybrid diesel locomotive TEM5H // Warehouse and equipment: – URL: <https://sitmag.ru/article/25569-manetroviy-gibridniy-teplovov-tem5h-gibridniy-avtonomniy-lokomotiv-obrel-plot?ysclid=mhqjxh42r2103115432> (date of access: 08.11.2025).
5. **Kuznetsov, G. Yu.** Improving the technical characteristics of autonomous locomotives with a lithium-ion traction battery / G. Yu. Kuznetsov, E. Yu. Loginova // Transsib News / Omsk State University of Railway Engineering. - Omsk. - 2022. - No. 4 (52). - P. 57 - 65. - ISSN: 2220-4245.
6. Bidirectional DC-DC Converters for Energy Storage Systems / H. R., Karshenas, H., Daneshpajoo, A., Safae, P., Jain, A., Bakhshai // Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids. – 2011. – pp. 161-178. DOI: 10.5772/23494

*I. I. Prokofiev***ELECTRIC ENERGY STORAGE DEVICE ON A SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVE**

Abstract. This article discusses the application of electric energy storage devices in the power systems of shunting diesel locomotives. The proposed circuit solutions allow for reducing the diesel fuel consumption of the locomotive and increasing the power and torque on the shaft of the locomotive's traction engine.

Keywords: energy storage devices, shunting diesel locomotive, hybrid power plant, hybrid locomotive, energy saving.

For citation: Prokofiev, I. I. Electric energy storage device on a shunting diesel locomotive / I. I. Prokofiev // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 1. – P. 144–148. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_144.

Сведения об авторах**Прокофьев Илья Игоревич**

Российский университет транспорта,
кафедра «Электропоезда и локомотивы»,
ассистент,
e-mail: prockofiew.ilya2015@yandex.ru

Information about the authors**Prokofiev Ilya Igorevich**

Russian University of Transport,
Chair «Electric Trains and Locomotives»,
Assistant,
e-mail: prockofiew.ilya2015@yandex.ru