

И.В. Зачиняев, М.И. Кавалер, М.В. Ярославцев
(г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ПРИГОРОДНОГО ПОЕЗДА НА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

MODELLING OF ENERGY CONSUMPTION OF A HYBRID DIESEL-ELECTRIC LOCOMOTIVE

Предложена конструкция аккумуляторного электропоезда с зарядкой батареи на конечных станциях маршрута. По результатам тягового расчета определены основные характеристики структурных элементов тягового привода, найден экономический эффект, достигаемый за счет повторного использования энергии.

In the article has been proposed a battery-electric commuter multiple unit train which can be charged at the end stations of the route. The traction energy calculation has been performed to find the main properties of traction drive. The economic effect of changing diesel multiple units with battery electric units has been estimated.

Ключевые слова: аккумуляторный электропоезд, накопитель энергии, расход энергии на тягу.

Keywords: battery-electric multiple unit train, energy storage, traction energy consumption.

В ряде регионов России осуществляется движение местных и пригородных поездов по неэлектрифицированным линиям железных дорог, для которых характерны низкие размеры движения и малые ускорения. Как правило, пассажирские перевозки на таких линиях осуществляются дизель-поездами либо прицепными вагонами локомотивной тяги. Поскольку для пригородного движения характерны частые остановки для посадки пассажиров, значительная экономия топлива может быть достигнута повторным использованием кинетической энергии поезда.

Кроме того, для более эффективного использования мощности моторного подвижного состава целесообразна замена локомотивов специализированными поездами малой составности с моторными вагонами. Применение накопителей энергии в составе тягового электропривода позволит как использовать энергию торможений на остановках и затяжных спусках, так и выровнять нагрузку на двигатель, что также позволит снизить удельный расход топлива.

В работе предложено использовать пригородные поезда на

аккумуляторной тяге, заряжаемые на конечных станциях от контактной сети, поскольку значительное количество обслуживаемых дизель-поездами линий примыкает к электрифицированным участкам. Использование электрической энергии для тяги позволит существенно снизить стоимость эксплуатации электропоезда. Экономия может быть достигнута за счет снижения стоимости единицы энергии, возможности возврата энергии торможения в накопитель, а также сокращения стоимости технического обслуживания и ремонта при отказе от применения дизельного двигателя и унификации части оборудования с существующими электропоездами [1, 2].

Очевидным недостатком решения являются значительные потери времени на заряд аккумуляторных батарей. В то же время для неэлектрифицированных линий характерен более низкий коэффициент использования подвижного состава. Кроме того, применение тягового электропривода позволит эффективно эксплуатировать поезд и на электрифицированных плечах.

Для подтверждения технической возможности и экономической целесообразности применения аккумуляторных электропоездов необходимо исследовать зависимость потребляемой тяговым приводом мощности от времени. Эта задача была решена при помощи имитационной модели, описывающей движение поезда по участку железной дороги [3, 4]. Модель разработана в среде Simulink. В качестве базового транспортного средства для расчета были приняты характеристики секции электропоезда серии ЭР2, как наиболее распространенного на сети железных дорог России и близкого по своим тягово-энергетическим характеристикам к другим сериям эксплуатируемых электропоездов [5].

Разработанная модель реализует уравнения движения поезда на основе заранее построенных тяговых и тормозных характеристик. Её особенностями является табличное задание профиля пути и режимов движения поезда при помощи блоков Lookup table. При моделировании процесса движения поезда по перегону принимается, что для сокращения расхода энергии машинист реализует максимально возможные ускорение и замедление, что позволяет снизить установившуюся скорость движения по перегону при сохранении времени хода и тем самым снизить потери на преодоление сопротивления движению поезда.

Согласно результатам выполненного на модели тягово-энергетического расчета для участка протяженностью 67 км необходимая энергоёмкость аккумуляторной батареи составляет 650 МДж (180 кВт·ч) при движении в

четном и 1130 МДж (310 кВт-ч) в нечетном направлениях. Полученные значения соответствуют удельному расходу энергии на тягу 26...44 вт-ч/т-км. Разность результатов объясняется особенностями профиля расчетного участка. Сравнительно низкая величина расчетного удельного расхода объясняется возвратом энергии при торможении на остановках и спусках.

Полученные результаты позволяют сделать оценку параметров накопителя энергии. Для обеспечения движения поезда по участку достаточно литиевой аккумуляторной батареи массой около 2 т, что позволяет разместить её под кузовом выпускаемых секций электропоездов [6]. Проведенный технико-экономический анализ показал, что при условии эксплуатации аккумуляторного электропоезда на сравнительно коротких автономных участках срок окупаемости предложенного решения составляет 5 лет при сравнении вариантов эксплуатации аккумуляторного и дизель-поездов равной вместимости, совершающих 2 пары рейсов в сутки.

Список литературы

1. *Spiridonov, E. A.* Evaluation of energy recuperation efficiency for operating conditions of city electric transport / E. A. Spiridonov, M. V. Yaroslavtsev // Proceedings of IFOST-2016 : 11th International Forum on Strategic Technology.– Novosibirsk, 2016.– P. 61-64.
2. *Ярославцев, М. В.* Энергоэффективный тяговый привод городского безрельсового транспорта: специальность 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Ярославцев Михаил Викторович; Новосиб. гос. техн. ун-т.– Новосибирск, 2016. – 16 с.
3. *Yaroslavtsev, M. V.* Assessment of performance factors of hybrid electric vehicle powertrain / M. V. Yaroslavtsev, N. I. Schurov, E. A. Belova // Applied Mechanics and Materials.– 2014.– Vol. 698.– P. 7-11.
4. *Ярославцев, М. В.* Выбор основных параметров тягового привода гибридного транспортного средства / М. В. Ярославцев // Электротехника. Энергетика. Машиностроение: сб. науч. тр. I Международной научной конференции молодых ученых.– Новосибирск, 2014.– С. 290-293.
5. *Цукало, П. В.* Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р / П. В. Цукало, Н. Г. Ерошкин– М.: Транспорт, 1986. – 359 с.
6. *Goldie-Scot, L.* A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices [Электронный ресурс] // Bloomberg NEF. – Режим доступа: <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> .– дата обращения: 01.10.2020.– загл. с экрана.

Материал поступил в редколлегию 13.10.20.