

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИБРИДНОГО ПРИВОДА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. Л. МОИСЕЕНКО, А. В. ДМИТРИЕВ, К. В. МАКСИМЧИК, Н. В. ПИСЬМЕННАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Ресурсы нашей планеты не бесконечны, и для дальнейшего существования человечества требуется большой запас энергонесущего сырья, в том числе, нефти, из которой изготавливают нефтепродукты и топливо для автомобилей.

Двигатели внутреннего сгорания, применяемые на транспорте, в процессе эксплуатации выделяют большое количество вредных веществ (окиси углерода и азота), загрязняющих атмосферу.

Очевидно, что основной целью создания гибридного привода для различных машин и механизмов, в том числе и на железнодорожном транспорте, является уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

«Гибридным» называют привод, содержащий не менее двух различных силовых установок. В основном это сочетание двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя, позволяющее максимально использовать их преимущества, при этом компенсируя имеющиеся недостатки [1–3].

Главное достоинство двигателя внутреннего сгорания и его использование в большинстве транспортных средств заключено в запасе движения по топливу. Запас хода достигается благодаря большой концентрации энергии в применяемом топливе. Обратной стороной медали является достаточно высокий уровень шума и большой выброс различных вредных веществ, а также способность эксплуатации только в одном интервале скоростей, что заставляет дополнительно применять такие устройства, как сцепление и трансмиссия.

Также КПД двигателя внутреннего сгорания сравнительно низок, составляет порядка 20–40 % и значительно повышает вредные выбросы при отклонении от равномерного движения.

Электродвигатель, в свою очередь, имеет КПД существенно выше (80–90 %), не выделяет вредных выбросов, практически не производит шума и с момента своего запуска способен создавать крутящий момент.

Однако у электрического двигателя, на сегодня есть ряд ограничений по его применению – ограниченное количество существующих аккумуляторов касательно их веса, размеров и стоимости, пригодных к практическому применению для наземного транспорта.

Развитие гибридного привода осуществляют в двух основных направлениях [4]:

- 1) равноправное объединение двигателя внутреннего сгорания с электродвигателем (так называемые «полные гибриды»);
- 2) оснащение двигателя внутреннего сгорания вспомогательным электродвигателем («неполные гибриды»).

Первое направление, связанное с полными гибридами, активно развивается в области автотранспортных средств, однако на текущий момент не нашло развития на железной дороге из-за необходимости применения габаритных и тяжелых аккумуляторных батарей.

Второе направление развивается более успешно ведущими производителями железнодорожной техники. Имеется два основных варианта конструкций неполных гибридов:

- параллельное сочетание двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя («параллельные гибриды»);
- последовательное размещение двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя («последовательные гибриды»).

При «параллельном» сочетании источников энергии электродвигатель используют как дополнение к дизельному двигателю. Совместное функционирование дизельного и электрического двигателей в составе гибридного привода позволяет каждому источнику энергии работать в оптимальном режиме, дополняя друг друга при различных условиях эксплуатации. Электродвигатель практически мгновенно дает дополнительную мощность, не расходуя топливо и не загрязняя окружающую среду.

Выпускаемые машины с параллельным расположением источников энергии имеют тяговые электродвигатели постоянного тока. В конструкции этих машин использован двигатель внутреннего сгорания, а также следующие электрические компоненты:

- электрический агрегат, способный работать в режимах генератора и двигателя (мотор-генератор);
- инвертор (преобразователь переменного тока в постоянный, т. е. трансформатор);
- аккумуляторная батарея (конденсатор);
- электродвигатель постоянного тока.

Гибридный привод на тепловозах JR Freight Class HD300 – гибридный дизельный/аккумуляторный колесный тепловоз типа 2o-2o, эксплуатируемый Japan Freight Railway Company (JR Freight) в Японии [5]. После поставки и оценки опытного локомотива в марте 2010 года первый серийный локомотив был введен в эксплуатацию в феврале 2012 года.

В локомотиве используют литий-ионные аккумуляторы, и они предназначены для снижения выбросов выхлопных газов как минимум на 30–40 % и уровня шума не менее чем на 10 дБ по сравнению с существующими тепловозами класса DE10. Испытания, проведенные на Токийском грузовом терминале в июне 2010 года, показали экономию топлива на 36 %, сокращение выбросов NO₂ на 62 % и снижение уровня шума на 22 дБ по сравнению с локомотивом класса DE10.

Локомотив содержит высокоэффективные аккумуляторные батареи большой емкости, выходная мощность которых может обеспечить перевозку 1300 т, что позволяет уменьшить размер двигателя. PMSM используют в качестве двигателя, направленного на повышение эффективности. С конструктивной точки зрения модульная концепция была использована для упрощения технического обслуживания, а также для обеспечения возможности быстрой установки аккумуляторных батарей более высокой производительности.

Применение гибридного привода в специальном подвижном составе. Машина фирмы «Plasser & Theurer» UNIMAT 09-4x4 / 4S E3 предназначена для технического обслуживания путей, которая использует как электрическую энергию от контактного провода, так и дизель-генераторную установку для питания рабочего привода [6]. Plasser & Theurer UNIMAT 09-4x4 / 4S E3 использует электрическую энергию от воздушной линии не только для электрической тяги во время движения, но и для питания блоков трамбовки. Если на участке отсутствует воздушная линия, машина использует дизель-электрический генератор.

Работа машины от линии электропередач осуществляется следующим образом: при контакте токоприемника и ЛЭП напряжение поступает на высоковольтный модуль, после чего переходит на трансформатор. После трансформатора напряжение подается на преобразователь питания, который подает напряжение на электродвигатели, приводящие машину в движение.

Работа машины от дизель-генераторной установки осуществляется следующим образом: в результате возгорания сжатого дизельного топлива образуется энергия расширения газов. В процессе переработки этой энергии с помощью кривошипно-шатунного механизма возникает механическая энергия вращения коленчатого вала. Вал через муфту соединен с ротором генератора. При вращении ротора возбуждается электромагнитное поле, в результате чего появляется электродвижущая сила (ЭДС), создающая исходящее напряжение. Это напряжение, стабилизируемое с помощью устройства управления, подается на электродвигатели, которые приводят машину в движение.

В настоящее время на железной дороге в Республике Беларусь не наблюдают использование гибридного привода на специальном подвижном составе. Но в связи с тем, что в стране интенсивно идет электрификация магистральных железнодорожных линий, возникает необходимость в этих машинах, т. к. гибридный привод имеет больше преимуществ перед обычными машинами с двигателем внутреннего сгорания.

Основные преимущества применения гибридного привода заложены в больших возможностях при достижении требуемых технических характеристик, например:

1) экономичность и снижение количества выбросов вредных веществ. Применение электропривода позволяет обеспечить снижение расхода топлива выбросов вредных веществ на 30 % и более в сравнении с традиционными механическими системами;

2) компоновочные преимущества. Отсутствие жестких кинематических связей элементов трансмиссии позволяет их применять без существенного изменения существующей компоновки машины;

3) увеличение пробега без участия ДВС. Наличие на борту накопителя энергии помимо существенного увеличения экономических и динамических характеристик транспортного средства позволяет обеспечить пробег с выключенной или вышедшей из строя энергетической установкой;

4) увеличенное полезное пространство. За счёт использования электромеханической трансмиссии, машина освобождается от компонентов системы привода, в котором размещались механические детали;

5) возможность автоматизации. По своей сути привод электротрансмиссии является полностью автоматическим. Все воздействия машиниста на органы управления машины преобразуются в электрические сигналы системы управления;

6) ремонтпригодность. Достигается благодаря модульности конструкции, которой обладает электропривод, и отсутствию механической связи энергетической установки и колёс, что является классическим примером гибридного привода;

7) режим «электростанция». Энергетическая установка машины имеет возможность обеспечения внешних потребителей электроэнергией, эквивалентной мощности энергетической установки, что позволяет, при необходимости, использовать машину как миниэлектростанцию.

Следует отметить, что использование гибридных установок повышает стоимость машин на 25 %, тем не менее за счет упомянутых технико-экономических достоинств первоначальные финансовые вложения окупятся в период эксплуатации.

Список литературы

1 Перспективные технологии : [монография] / А. В. Алифанов [и др.] ; под ред. В. В. Клубовича. Гл. 8 : Технологии гибридных силовых установок – перспективные технологии производства автомобильной техники / Л. Г. Красневский. – Витебск : Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – С. 167–187.

2 Power output apparatus and hybrid vehicle: US Pat. № 7,938,208 B2 // Toyota Jidosha K. K. – 2011. – May 10.

3 Electric hybrid powertrain system: US Pat. № 7,572,201 B2 // Ford Global Technologies, LLC. – 2009. – Aug. 11.

4 Довгяло, В. А. Дорожно-строительные машины. В 2 ч. Ч. II. Машины для устройства и ремонта дорожных покрытий : учеб. пособие / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 385 с.

5 Japan Freight Railway Company [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <https://jref.com>. – Дата доступа : 06.08.2020.

6 Plasser & Theurer [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <https://www.plassertheurer.com>. – Дата доступа : 08.08.2020.

УДК 625.8

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНА-САМОСВАЛА (ДУМПКАРА)

Д. Г. НАДТОЧЕЙ, Д. И. ПЕТРАКОВ

Брянский государственный технический университет, Российская Федерация

Рост грузовых железнодорожных перевозок в настоящее время связан с нарастающей необходимостью перевозки различных материалов, готовой продукции, увеличивается пассажирский грузопоток [1]. В последнее время увеличивается объем разработки и добычи Российских полезных ископаемых открытым способом, с транспортировкой их железнодорожным транспортом с использованием специального типа подвижного состава – вагона-самосвала (думпкара) [2]. Данная ситуация требует проектирования с целью создания современных высокотехнологичных конструкций вагона-самосвала (думпкара) [3]. В данной работе целью является проведение анализа нагрузки, а также напряженно-деформированного состояния кузова вагона-самосвала. Объектом анализа напряженно-деформированного состояния выбран четырехосный вагон-самосвал модели 31-675.

Вагон-самосвал обладает рядом особенностей несущей конструкции кузова и имеет в своем составе верхнюю раму, нижнюю раму, два продольных борта, поворачивающихся при разгрузке, а также две торцевые стены и механизм автоматического открывания бортов при разгрузке вагона [4]. Основой нижней рамы является балка хребтовая сварной конструкции, состоящей из двух профилей двутаврового сечения, усиленных перекрытием листами обшивки по верхним и нижним полкам. Вдоль хребтовой балки установлены крепежные кронштейны рабочих цилиндров, шкворневые кронштейны и лобовые листы рамы. В консольной части несущей конструкции нижней рамы установлены силовые кронштейны, в проушины которых монтируются упорные стойки механизма автоматического открывания бортов вагона при разгрузке. Также на кронштейнах установлены и опоры. В средней части несущей металлоконструкции нижней рамы установлены упоры, предотвращающие возможность продольного сдвига кузова относительно конструкций нижней рамы. Силовые кронштейны с обеих сторон хребтовой балки принимают нагрузку и удерживают по два пневмоцилиндра механизма разгрузки. Металлоконструк-