

УДК 629.11.012.8

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ
ELECTRIC TRANSMISSION IN VEHICLES**

А.В. Ласовский, И.П. Шах

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национально технический университет, г. Минск

A. Lasouski, I. Shakh

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: электрические трансмиссии транспортных средств, возможные конструктивные особенности, устройство, их применение и принцип работы.

Abstract: electric transmissions of vehicles, possible design features, device, their application and principle of operation.

Ключевые слова: электрическая трансмиссия, бесступенчатая автоматическая трансмиссия, мотор-колесо.

Keywords: electric transmission, stepless automatic transmission, wheel-motor.

Введение

Электрическая трансмиссия (ЭТ) представляет собой всережимный способ передачи мощности двигателя внутреннего сгорания на двигательную установку и широко используется в большегрузных транспортных средствах, просто преобразуя механическую энергию вращения в электрическую энергию и наоборот. Но и отсутствие фиксированной кинематической связи между первичным двигателем и движителем. Как правило, он всегда состоит из тягового генератора и одного или нескольких тяговых двигателей. Он выполняет функции трансмиссии и решает задачи, аналогичные задачам трансмиссии: движитель для формирования гиперболических тяговых характеристик, продольного движения, запуска, расцепки тягача и холостого хода тягача. Область применения (ОП): Городские автобусы, карьерные самосвалы, большие гусеничные тягачи (цистерны), магистральные и маневровые тепловозы, морские теплоходы (дизель-электроходы, турбоэлектроходы), атомоходы (в том числе АПЛ).

Основная часть

Механическая энергия вращения, вырабатываемая двигателем внутреннего сгорания, так называемым «первичным двигателем» ЭП, передается на якорь тягового генератора, где преобразуется в электрическую энергию. Затем электрическая энергия передается по кабелям к тяговому двигателю, где она преобразуется в механическую энергию вращения для окончательной передачи на движитель. В процессе производства и передачи электроэнергии электрическая энергия внутри ЭП может преобразовываться по силе тока и напряжению без изменения мощности. Это делает гиперболические тяговые характеристики самой транспортной машины почти внешними скоростными характеристиками первичного двигателя, если это необходимо.

ЭТ обеспечивает удобное изменение частоты и направления вращения на выходе, плавный пуск и распределение мощности на несколько ведущих колес/осей. Генераторная установка может быть размещена в любом месте транспортного средства независимо от положения тягового двигателя и не ограничивает перемещение электродвигателя относительно генератора (в пределах гибкости питающих электродвигатель кабелей). Простота и надежность механических частей.

При этом все детали ЭТ имеют большую массу, и на их производство расходуется большое количество цветных металлов.

В электрической трансмиссии механическая энергия двигателя преобразуется в электрическую энергию в генераторе и обратно в механическую энергию в тяговом двигателе.

Очевидно, что преобразование энергии из одного вида в другой сопровождается определенными потерями, но эти потери часто ниже, чем для механических передач, и, кроме того, использование электрических передач имеет много важных преимуществ.

В первую очередь это конечно провод. Конечно, гораздо проще подключить электропроводку для подачи энергии к электродвигателям, установленным на колесах автомобиля, чем подключать их от силовой установки к ведущим колесам через различные виды механической трансмиссии. Во-вторых, электродвигатели имеют почти идеальную характеристику изменения крутящего момента в зависимости от скорости вала (якоря). При увеличении скорости вращения крутящий момент на валу уменьшается, а при уменьшении скорости вращения крутящий момент увеличивается, но произведение частоты вращения вала на крутящий момент в каждый момент времени остается (в идеале) постоянным. Сопоставимо с мощностью двигателя.

ЭТ редко используется в таких упрощенных формах (ДВС, генераторы, электродвигатели). Элементы механической трансмиссии, такие как коробки передач, часто вводятся в трансмиссию для увеличения крутящего момента.

Планетарный редуктор применяют, когда тяговый двигатель устанавливается непосредственно на колеса вагона. Колесо, оснащенное электродвигателем и колесным редуктором, называют «электромоторным колесом».

Электромотор-колесо – наиболее сложный элемент таких трансмиссий. Обычно он состоит из тягового двигателя, планетарных редукторов, ступицы колеса с подшипниковым узлом, фрикционного тормоза и шины с ободом. В конструкцию электромотор-колес могут также входить отдельные узлы подвески, дополнительные механизмы переключения передач (с двухступенчатыми редукторами) и другие элементы. В ряде случаев в ЭТ используется только один тяговый двигатель, а вращательное движение на ведущие колеса передается механическими элементами (ведущими мостами с установленными карданными передачами и дифференциалами). Такие трансмиссии называются «электромеханическими».

Многократные преобразования энергии сопровождаются значительными потерями и снижением эффективности. Тепловая энергия топлива:

- Механическая энергия роторов двигателей внутреннего сгорания и генераторов.
- Электрическая энергия от генераторов.
- Механическая энергия роторов электродвигателей, механических частей трансмиссий (например, редукторов) и колес.

Однако ЭТ находит применение в транспорте (например, в современных грузовых автомобилях повышенной грузоподъемности). В частности, все самосвалы марки БелАЗ грузоподъемностью более 75 тонн оснащены электрической трансмиссией.

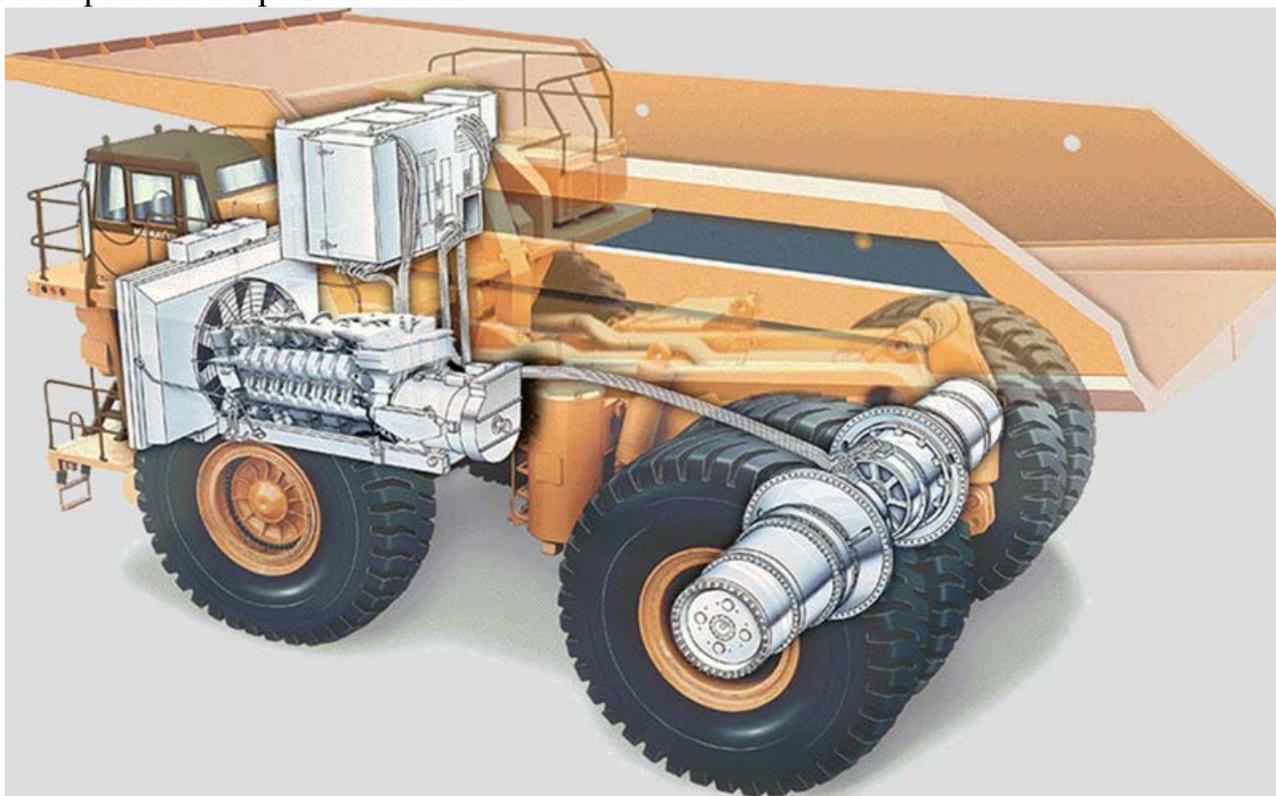


Рисунок 1 – Электрическая трансмиссия карьерного самосвала

БелАЗ-549 – сверхтяжелый карьерный самосвал производства Белорусского автомобильного завода (БелАЗ). Серийно выпускался с 1976 по 1988 год. Это был первый карьерный самосвал своей марки БелАЗ с электромеханической трансмиссией.

К концу 1960-х годов белорусские автозаводы освоили выпуск линейки карьерных самосвалов грузоподъемностью 27 тонн (БелАЗ-540А) и 40 тонн (БелАЗ-548). Между тем принятая производственная программа предусматривала создание и освоение более грузоподъемных и производительных машин с перспективной грузоподъемностью 65, 100 и 120 тонн. Первоначально самосвальный состав, состоящий из седельного тягача БелАЗ-548В и полуприцепа самосвала БелАЗ-5272, должен был выполнять функции 65-тонного автомобиля. Однако по результатам испытаний машина оказалась менее удачной, имея большие габариты и проблемы с маневрированием в карьерах и тесноте.

Поэтому было принято решение о разработке нового карьерного самосвала грузоподъемностью 65-75 тонн. Такие автомобили требовали более сложной

конструкции, особенно заключавшейся в наличии электромеханической трансмиссии, передававшей энергию двигателя на ведущие колеса. В колесный редуктор был встроен электродвигатель (мотор-колесо), а самосвал имел независимую подвеску всех колес. Тормозная система состояла из пневматического привода, включающего постоянно включенный стояночный тормоз и запасной тормоз.

Первый прототип БелАЗ-549 был построен в конце декабря 1968 года к его 50-летию образования Белорусской ССР. В течение нескольких следующих лет начались испытания и доводка будущих самосвалов. Параллельно завод строил и новый цех, способный выпускать новые типы самосвалов. Все это заставило его отложить начало производства 549-й модели до 1976 года. Наряду с базовой моделью было изготовлено множество модификаций, большинство из которых так и остались прототипами. Например, на автопоезде БелАЗ-549В-5275 грузоподъемностью 120 тонн для экспериментов использовался газотурбинный двигатель ТВ-2-117 мощностью 1200 л.с. Также была построена опытная модификация северной версии БелАЗ-549С.

БелАЗ-549 неоднократно участвовал в различных выставках, в том числе на ВДНХ в Москве и Минске. О нем часто писали в советской прессе. Его производство он продолжал до 1988 года, после чего его сменила более совершенная модель БелАЗ-7549 грузоподъемностью 80 тонн.

Самым главным преимуществом ЭТ является, конечно, то, что генератор и тяговый двигатель могут быть установлены в любом месте компоновки вагона. Также связи между ними осуществляются с помощью электрических проводов, которые можно прокладывать где угодно и как угодно. В машине ведь много места не занимает. Поэтому электрические трансмиссии можно использовать на тракторах с большим количеством колес. Часто такие военные тракторы имеют полный привод или большинство колес для оптимизации движения трактора по бездорожью.

А так как задний ход тоже обеспечивает сам электродвигатель, то по КПД он не уступает переднему.

МАЗ-7907 – опытное шасси Минского автозавода для его пусковой установки 15У157 его подвижной наземной ракеты 15П162 «Целина-2» его комплекса с МБР РТ-23 УТТХ (15Ж62). Единственный в мире со своими 24 ведущими колесами, 16 из которых управляемые и питаются от генератора, приводимого в движение танковой газовой турбиной. Главный конструктор шасси – автомобильный конструктор Борис Львович Шапошник, лауреат Государственной премии СССР, лауреат Ленинской премии.

К основным техническим характеристикам МАЗ-7907 относится установка в качестве силовой установки газотурбинного двигателя мощностью 1250 л.с. Когда. (специально разработанный и изготовленный вариант газотурбинного двигателя ГТД-1000ТФ - ГТД-1000ТФМ; по другим данным - ГТД-1250А) и достаточно сложной, но эффективной с 24 мотор-колесами диаметром 1,66 м с ЭТ.

Шасси МАЗ-7907 успешно сдано в эксплуатацию, но на вооружение не принято, а два опытных образца шасси МАЗ-7907 хранятся на полигоне МАЗ. Машина имеет длину 28,1 м, ширину 4,1 м и высоту 4,4 м.

Малый радиус поворота обеспечивался вращением колес всех пар, кроме 5-й, 6-й, 7-й и 8-й. Первые четыре его пары повернулись в одном направлении, а последние четыре пары повернулись в противоположном направлении.

В шасси используется рама хребтового типа с горизонтальными силовыми шарнирами, соединяющими два 6-осных полноприводных звена. В сочетании с независимыми гидропневматическими рычажными подвесками, которые пневматически соединяют каждые два колеса по бокам шасси, системой контроля положения рамы и большим ходом колес, это решение способно справляться со сложными профилями грунтовых дорог. Это позволяло шасси двигаться без зависания опорной точки. При этом в горизонтальной плоскости при прохождении поворотов эта рама оставалась жесткой.

Высокая маневренность шасси обеспечивается автоматической системой дифференциального подруливания колес. Четыре передние и четыре задние оси управляемые, но задние четыре оси вращаются в противоположных направлениях. Эти меры позволили достичь радиуса поворота 27 м при длине шасси 28 м.

Двигатель приводит в действие генератор переменного тока для выработки электроэнергии и состоит из 24 его синхронных электродвигателей переменного тока ТЭ660-24 с частотным регулированием, установленных внутри рамы, по одному на каждое колесо, питающих всю электрическую трансмиссию. Тяговый электродвигатель с воздушным масляным охлаждением был использован на шасси для незавершенной работы субподрядчика по созданию полностью синхронного электродвигателя с масляным охлаждением. Тяговый электродвигатель через ось вращал колеса с широкопрофильными шинами модели ВИ-207 (1660×670-685) производства Воронежского завода.

Электрическая трансмиссия также может использоваться в гусеничных тракторах, вездеходах и даже гусеничных машинах, таких как танки.

Panzerkampfwagen VIII «Maus» – сверхтяжелый танк, разработанный Третьим рейхом с 1942 по 1945 год под командованием Фердинанда Порше. Это самый большой по массе танк, из когда-либо воплощенных танков в металле (боевая масса – 188,9 т). Всего было изготовлено два экземпляра танка. Он не принимал участия в боевых действиях; на данный момент в бронетанковом музее Кубинки сохранился единственный в мире танк-мышь, собранный из частей обоих экземпляров.

Экипаж машины состоял из шести человек. Места механика-водителя и радиста располагались в отделении управления между двумя его основными топливными баками емкостью по 1590 литров каждый. За ними, в моторном отсеке, вдоль бортов разместили водяной и масляный радиаторы, а по центру – двигатель.

Первоначально в танке планировалось установить дизельный двигатель, который был намного экономичнее карбюраторного двигателя, поэтому дополнительный топливный бак не понадобился. Кроме того, дизельное топливо

было доступнее и дешевле бензина. Недостатком дизелей была их низкая морозостойкость. Это было очень важно в условиях Восточного фронта. Однако Шпеер поручил Порше использовать рядный авиационный карбюратор Daimler-Benz MB 509 со своим двигателем для танка, с генератором дальше от двигателя и боеприпасами, хранящимися в спонсонах по обе стороны. В корме корпуса спонсоны также имеют электродвигатели привода. Трансмиссия расположена за генератором, в глубине кузова между электродвигателями.

Над боевым отделением в корпусе находилась башня, в которой размещались командир танка, командир орудия и два заряжающих.

Танк выполнен на высоком техническом уровне. Использование многокатковой ходовой части и гусениц шириной 1100 мм позволило Maus иметь значительно меньшее давление на грунт, меньшее, чем у предыдущих немецких тяжелых танков. Его основными особенностями были использование прочной круговой брони и электромеханической трансмиссии, состоящей из его двух орудийных орудий и ее двух электроприводов для левой и правой гусениц. Тяговые двигатели приводились в движение двумя ее генераторами, расположенными в машинном отделении. Две независимые системы передавали крутящий момент от двигателя на ведущие катки через двухступенчатый редуктор.

Заключение

Из вышеизложенного материала можно сделать вывод, что электрическая трансмиссия является представителем бесступенчатой трансмиссии. Бесступенчатая трансмиссия – это трансмиссия автомобиля с бесступенчатым передаточным отношением. Крутящий момент и скорость, передаваемые от двигателя через трансмиссию, могут плавно изменяться в большинстве или во всем диапазоне мощностей. Индивидуально регулируйте величину крутящего момента на колесах вашего автомобиля в зависимости от условий движения. Если нагрузка увеличивается, скорость вращения уменьшается, а крутящий момент автоматически увеличивается.

Литература

1. Электрическая трансмиссия [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://dmsht.ru/printsipdeystviyaelektricheskoytransmissii/> -Дата доступа: 02.11.2022
2. БелАЗ-549 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%90%D0%97-549> - Дата доступа: 02.11.2022
3. Электрическая передача [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1209191> -Дата доступа: 02.11.2022
4. Panzerkampfwagen VIII «Maus» [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%83%D1%81_\(%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%83%D1%81_(%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA)) -Дата доступа: 02.11.2022