

УДК 62-838

## МОТОР-КОЛЕСО. ДОСТОИНСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Бармина А.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

Система мотор-колесо на рисунке 1 представляет собой интегрированный агрегат, состоящий из колеса со встроенным в него электродвигателем, силовой передачи и тормозного устройства. Такая конструкция позволяет осуществлять индивидуальный привод каждого колеса [1].

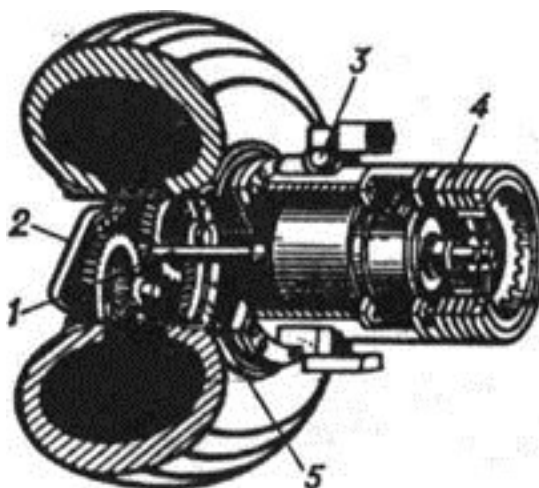


Рисунок 1. Мотор-колесо: 1 - вал электродвигателя; 2 - редуктор; 3 - цапфа; 4 - дисковый тормоз; 5 - зубчатый венец колеса

Такое конструктивное решение нашло широкое применение благодаря следующему: компактно и имеет небольшие габариты, имеет возможность организации управления каждым колесом системы, что повышает управляемость и безопасность, имеет возможность рекуперации энергии и повышает экономичность некоторых видов транспорта, служит заключительным звеном электромеханической передачи.

Первое колесо с электроприводом было запатентовано Веллингтоном Адамсом в 1884 году, практически реализовать эту идею смог в 1890 Альберт Парселл, электрическое мотор-колесо запатентовал Эдвард Пархуст. В дальнейшем были выданы патенты на велосипед с электромотором в заднем колесе, на электровелосипед с двойным двигателем в ступице педального колеса и другие, что свидетельствовало об растущем интересе к такой интегрированной конструкции. По-настоящему востребованы мотор-колеса стали с развитием аккумуляторных технологий. После некоторого перерыва к исследованиям и применению мотор-колес вновь вернулись уже в 60 годы ведущие автостроительные компании и конструкторы, как на Западе, так и в СССР [2].

Питается мотор-колесо, в зависимости от применения: от двигателя внутреннего сгорания в автомобильной технике, от контактной сети в троллейбусах, от аккумулятора в электромобилях и электровелосипедах. Также

может служить дополнительным источником энергии в автомобильной технике с двигателями внутреннего сгорания, таких как гибридные автомобили. Для мотор-колеса характерны два режима работы- тяговый и генераторный. В тяговом режиме вращение передается с вала якоря электродвигателя, работающего в двигательном режиме. В генераторном режиме, при реостатном торможении, электродвигатель переходит в генераторный режим работы, а электроэнергия либо возвращается в электрическую сеть или применяется для зарядки аккумуляторов, либо преобразуется в тепло на тормозном реостате в случае реостатного торможения [3].

Безколлекторные вентильные двигатели и асинхронные машины наиболее перспективны при использовании в мотор-колесах в качестве электродвигателей.

Конструктивно может быть мотор-колесо с редуктором представлено на рисунке 2 и без редуктора [4] показано на рисунке 3.



Рисунок 2. Мотор-колесо со встроенным редуктором планетарного типа



Рисунок 3. Безредукторное мотор-колесо

Оба решения имеют один и тот же принцип действия: вращающееся магнитное поле создается в неподвижном статоре, оно, взаимодействуя с постоянными магнитами ротора, заставляет его крутиться.

Как правило, в мотор-колесах применяется редуктор, преобразующий более высокую угловую скорость вращения входного вала электродвигателя в

более низкую скорость вращения на выходном валу. Это приводит к значительному повышению крутящего момента, создаваемого электродвигателем. Такая конструкция имеет как преимущества: не создает дополнительное сопротивление при отключении двигателя; низкий шум; низкая себестоимость, небольшие габариты и вес, так и недостатки: скоростное ограничение, необходимость периодического обслуживания пластмассовых шестеренок.

В безредукторном мотор-колесе отсутствует какой-либо редуктор и вращающийся ротор напрямую связан с ободом колеса. Преимущества безредукторного мотор-колеса в его простоте конструкции, возможности торможения в рекуперативном режиме, повышенном КПД за счет отсутствия редуктора, увеличении скорости. К недостаткам можно отнести: более высокую стоимость в сравнении с редукторным мотор-колесом, при одинаковой мощности; повышение стоимости; увеличение веса и габаритов; двигатель оказывает сопротивление при вращении с отключенным питанием.

Система мотор-колесо нашла широкое применение как во многих областях промышленности, так и в различных видах транспорта. В зависимости от области применения может быть, как основной двигающий элемент, так и вспомогательный.

Исходя из назначения применяют систему мотор-колесо: в автомобилях, в двухколесных транспортных средствах, в уличных электрических транспортных средствах, в луноходах, в самолетах, в роботах, в самодвижущихся платформах.

Расширение области применения мотор-колес в автомобильной технике обусловлено возможностью реализации индивидуального привода, что дает следующие преимущества: отсутствие потери мощности при передаче крутящего момента от двигателя на колеса, которое происходит в трансмиссии; компактное размещение тягового двигателя непосредственно внутри колеса; получение высокого КПД, экологичность - за счет отдачи обратно в сеть энергии, в результате возможности преобразования кинетической энергии автомобиля в электрическую методом рекуперативного торможения. На рисунке 5 представлена система мотор-колеса современного автомобиля [5].



Рисунок 6 Система мотор-колесо современного электромобиля

На рисунке 6 изображено мотор-колесо современного гибридного автомобиля, реализующее индивидуальный привод [6].



Рисунок 6 Система мотор-колесо современного гибридного автомобиля

Открываются перспективы по внедрению мотор-колес в военную технику. Прототип мотор-колеса для военного бронетранспортера [7] представлен на рисунке 7. Предполагается, оборудование военной бронетехники мотор-колесами, будет способствовать уменьшению веса военных машин, устойчивости в непредвиденных ситуациях. Так же, предположительно, отпадет необходимость в установке карданного вала, КПП, а также других связанных с ними элементов конструкции.

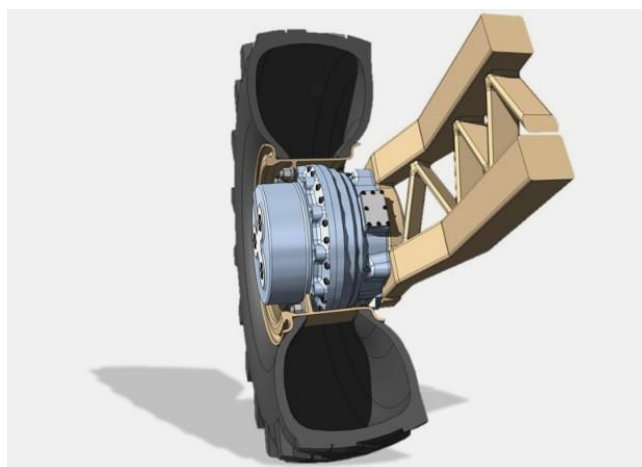


Рисунок 7 Мотор-колесо для бронетехники

Популярность использования мотор-колес в велосипедах и скутерах обусловлена в том числе и возможностью их самостоятельной модернизации. Наиболее значимые последние разработки, запатентованные В.В. Шкондиным и Д.А. Дуюновым. Особенность разработки Д.А. Дуюнова – смешанная обмотка возбуждения статора “Славянка” дает следующие преимущества: повышение КПД, увеличение крутящего и пускового моментов, снижение пусковых токов, понижение уровня шума, понижение температуры обмоток статора [8]. Особенностью разработки В.В. Шкондина является мотор-колесо с щеточно-коллекторным узлом и расположением статора внутри ротора, дающая следующие преимущества: снижение шума и вибрации, повышение надежности за счет устранения необходимости замены трущихся частей механизма [9].



Растет популярность уличных транспортных средств, в конструкции, которых используется мотор-колесо. Такое конструктивное решение дает возможность сохранять небольшие габаритные размеры, относительно небольшой вес при хороших динамических и скоростных показателях и дает возможность использования, как в уличных условиях, так и внутри помещений. В преимущественном большинстве таких транспортных средств, применяется система с прямым приводом.

Применение мотор-колес в планетоходах, дает возможность организовать движение по неопределенным участкам, в сложных условиях эксплуатации, в условиях подвешивания одного колеса, за счет индивидуального привода на каждое колесо [10].

Установка мотор-колес, как в передней стойке, так и в задней части шасси самолета, представлено на рисунке 8. Она дает возможность повышать точность маневрирования и, повышать безопасность перемещений, при этом отпадает необходимость запуска реактивных двигателей [11].



Рисунок 8 Мотор-колесо на транспортном самолете

Расширяется область применения в робототехнике за счет компактности конструкции, причем в подавляющем большинстве используются двигатели постоянного тока малой мощности.

По способу питания мотор-колеса могут быть: с питанием от контактной сети и от аккумуляторных батарей или генератора [12].

Недостатки мотор-колес: увеличение неподрессоренных масс, что ухудшает управляемость и безопасность, и ведет к усиленному износу рычагов подвески автомобиля и амортизаторов; накладывает скоростные ограничения и возникает необходимость периодического обслуживания пластмассовых шестеренок, удорожание конструкции, ограниченный срок службы, потеря емкости при отрицательных температурах при питании от бортового источника.

### Литература

1. Большой энциклопедический политехнический словарь. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/5429> (Дата обращения 27.03.2019)
2. Что такое мотор-колесо. Режим доступа: <https://www.voltbikes.ru/blog/electro/chto-takoe-motor-koleso/#hscq=pGRFblr> (Дата обращения 18.03.2019)
3. Мотор-колесо. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мотор-колесо>. (Дата обращения 18.03.2019)
4. Устройство электросамокатов с мотор-колесами. Режим доступа: <https://motosamokat.com/blog/20170305/> (Дата обращения 18.03.2019)
5. Мотор-колесо Protean Electric. Бензиновые двигатели больше не нужны. Режим доступа: <http://ecology.md/page/motor-koleso-protean-electric-benzinovyue-dvigatel> (Дата обращения 02.04.2019)
6. Protean Electric и LM Industries объединяют усилия в разработке электродвигателей нового поколения. Режим доступа: <http://www.electromobile360.ru/2018/04/protean-electric-lm-industries.html> (Дата обращения 02.04.2019)
7. Мотор-колеса для американской бронетехники. Режим доступа: <http://www.mastergrad.com/blogs/post/8194/> (Дата обращения 02.04.2019)
8. Мотор колесо Дуюнова без магнитов. Режим доступа: <http://altenergy4u.ru/dvigateli/motor-koleso-duyunova.html> (Дата обращения: 02.04.2019.2017).
9. Шкондин В. В. Асимметричный импульсный однофазный электродвигатель, с частотным преобразователем, который стоит купить. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/228/2285997.html> (Дата обращения: 02.04.2019).
10. Колесные планетоходы ВНИИТМ // Авиация и космонавтика, Infused Bytes — архив. 1 января 2004. Режим доступа: <http://www.enlight.ru/post/6055> (Дата обращения 02.04.2019)
11. Сычёв В.// Технологии. Транспорт. Американцы занялись сертификацией самолетного мотор-колеса. Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2017/01/10/wheel> (Дата обращения 02.04.2019).
12. Александров И.Г. Выпускная квалификационная работа бакалавра. Режим доступа: <https://docplayer.ru/54853318-Vypusknaya-kvalifikacionnaya-rabota-bakalavra.html> (Дата обращения 02.04.2019).