

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 21634

(13) С1

(46) 2018.02.28

(51) МПК

**В 60К 7/00** (2006.01)

(54)

## ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ МОТОР-КОЛЕСА

(21) Номер заявки: а 20131387

(22) 2013.11.26

(43) 2015.06.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Карпович Святослав Евгеньевич; Дайняк Игорь Викторович; Жарский Владимир Владимирович; Поляковский Виталий Викторович; Титко Дмитрий Сергеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) US 6822361 В1, 2004.

ВУ 16287 С1, 2012.

ВУ 6205 U, 2010.

RU 2156191 С2, 2000.

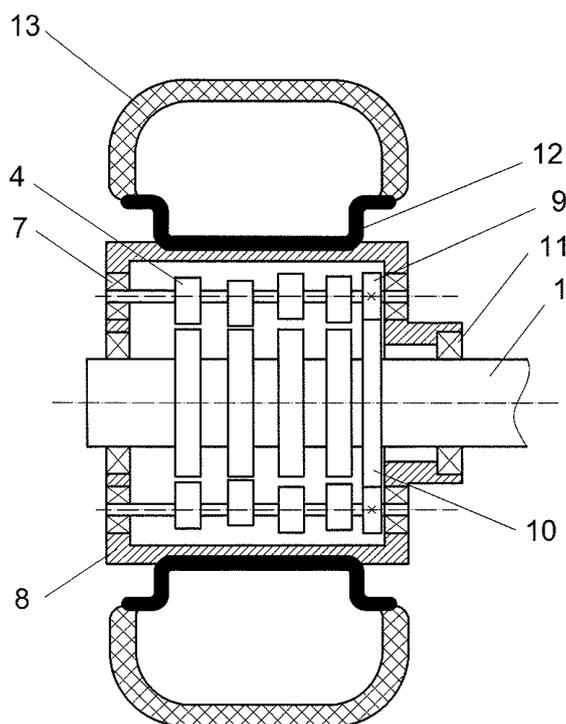
UA 47251 А, 2010.

KZ 26372 А4, 2012.

CN 202703240 U, 2013.

(57)

Электродвигатель мотор-колеса, характеризующийся тем, что содержит статор, включающий кольцевые многополюсные магнитопроводы, постоянные магниты и расположенные между ними обмотки управления; расположенные снаружи статора и параллельно



ВУ 21634 С1 2018.02.28

Фиг. 1

его оси роторы, объединенные общим корпусом-водителем, каждый из которых содержит по меньшей мере четыре диска из ферромагнитного материала, расположенные на общей оси эксцентрично один относительно другого и охватывающие полюсы кольцевых магнитопроводов с образованием зазора между ними так, что каждый диск ротора расположен напротив соответствующего кольца магнитопровода, причем проекции центров дисков расположены на окружности с центром на оси ротора, а углы между проекциями линий симметрии колец, проходящими через ось ротора и центры дисков, равны  $2\pi/N$ , где  $N$  - количество дисков, причем все роторы несут на своих осях зубчатые колеса - сателлиты, выполненные с возможностью вхождения в зацепление с расположенным на статоре центральным солнечным колесом с образованием планетарной зубчатой передачи, а общий корпус-водитель закреплен в находящихся на статоре подшипниках и несет на себе опорный диск колеса транспортного средства.

---

Изобретение относится к устройствам привода в транспорте, машиностроении и приборостроении, а именно к устройствам электропривода, и предназначено для использования в подвижных устройствах для их перемещения.

Известен электродвигатель со встроенной планетарной передачей [1], содержащий ротор из ферромагнитного материала с несколькими катушками, наружная поверхность которого несет периодическую зубцовую структуру, и статор, оснащенный многочисленными постоянными магнитами, также образующими зубцовую магнитную структуру, причем в конструкции используется кинематическая связь ротора и статора через зубчатые колеса планетарной передачи. Недостатком этого двигателя является низкий КПД, низкие динамические характеристики и сложность конструкции. Электромеханическое преобразование энергии в таких устройствах перемещения основано на периодическом изменении магнитных сопротивлений (проводимостей) зубчатых воздушных промежутков под полюсами отдельных электромагнитных преобразователей. Недостатком всех двигателей, в которых осуществляется электромеханическое преобразование энергии за счет взаимодействия двух зубцовых структур, является наличие двух составляющих магнитных сил в рабочем зазоре: тангенциальной и нормальной, причем рабочее перемещение осуществляется за счет тангенциальной составляющей, которая обычно на порядок меньше нормальной составляющей, обеспечивающей притяжение электромагнитного преобразователя к ротору.

Известно мотор-колесо [2], содержащее электропривод, состоящий из источника регулируемого напряжения и электродвигателя. Статор электродвигателя с магнитопроводом и электромагнитами закреплен на оси; индуктор с магнитопроводом и постоянными магнитами закреплен на ободке; распределительный коллектор, образованный расположенными по окружности пластинами, закреплен на якоре; токосъемники со щетками закреплены на индукторе; дополнительно введены минимум один индукторный токосъемник на индукторе, имеющий щетку, и минимум один кольцевой контакт, закрепленный на якоре. Недостатком указанного мотор-колеса является сложность конструкции, а использование щеток и кольцевых контактов (умноженных на число колес) при повышенных мощностях (60... 100 кВт) приводит к резкому возрастанию уровня помех и износу щеток, контактов и т.д. Также следует отметить недостаточность глубины регулировки по скорости.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому положительному эффекту является униполярный электродвигатель [3], содержащий неподвижный кольцевой статор и несколько планетарно движущихся цилиндрических роторов, взаимодействующих со статором и закрепленных в одном общем корпусе-водителе - на осях, параллельных оси статора. Недостатками этого устройства также являются низкий КПД, низкие динамические характеристики и сложность конструкции. Эти недостатки обусловлены следующим.

## ВУ 21634 С1 2018.02.28

Сила взаимодействия ротора и статора в униполярных двигателях невелика и трудно поддается управлению, что мешает эффективному использованию таких устройств. Слабое взаимодействие ротора и статора в приведенной конструкции компенсируют наличием многих, движущихся планетарно, роторов, но наличие трения в контакте между роторами и статором при планетарном движении роторов приводит к дополнительным потерям энергии. Эти факторы приводят к уменьшению КПД двигателя, ухудшению его динамических характеристик.

Задачей настоящего изобретения является повышение КПД двигателя, улучшение его динамических характеристик. Поставленная задача достигается тем, что электродвигатель мотор-колеса содержит статор, включающий кольцевые многополюсные магнитопроводы, постоянные магниты и расположенные между ними обмотки управления; расположенные снаружи статора и параллельно его оси роторы, объединенные общим корпусом-водителем, каждый из которых содержит по меньшей мере четыре диска из ферромагнитного материала, расположенные на общей оси эксцентрично один относительно другого и охватывающие полюсы кольцевых магнитопроводов с образованием зазора между ними так, что каждый диск ротора расположен напротив соответствующего кольца магнитопровода. Проекция центров дисков расположена на окружности с центром на оси ротора, а углы между проекциями линий симметрии колец, проходящими через ось ротора и центры дисков, равны  $2\pi/N$ , где  $N$  - количество дисков. Все роторы несут на своих осях зубчатые колеса - сателлиты, выполненные с возможностью вхождения в зацепление с расположенным на статоре центральным солнечным колесом с образованием планетарной зубчатой передачи, а общий корпус-водитель закреплен в находящихся на статоре подшипниках и несет на себе опорный диск колеса транспортного средства.

Предложенная конструкция электродвигателя мотор-колеса использует в качестве движущей силы нормальную составляющую силы магнитного взаимодействия роторов и статора, что значительно повышает КПД двигателя за счет беззазорного электромагнитного взаимодействия электромагнитных кольцевых магнитопроводов и эксцентрических дисков ротора, расположенных соответствующим образом. В результате улучшаются его динамические характеристики.

На фиг. 1 показано сечение электродвигателя мотор-колеса с опорным диском колеса транспортного средства и шиной; на фиг. 2 - общий вид электродвигателя мотор-колеса с солнечным колесом и сателлитами.

Предлагаемый электродвигатель мотор-колеса содержит (фиг. 1, 2) статор 1 с кольцевыми магнитопроводами 2 и центральным солнечным колесом 3, а также роторы 4 с эксцентрическими дисками 5 и зубчатыми колесами - сателлитами 6, установленные на подшипниках 7 в объединяющем их общем корпусе-водителе 8, который закреплен в находящихся на статоре 1 подшипниках 9 и несет на себе опорный диск 10 колеса 11 транспортного средства.

На фиг. 3 показано главное сечение электродвигателя мотор-колеса по осям статора и ротора.

Статор 1 содержит кольцевые магнитопроводы 2, постоянные магниты 12, установленные между центральными кольцевыми магнитопроводами, и две обмотки управления А и Б, расположенные между крайними и центральными кольцевыми магнитопроводами. Роторы 4, расположенные снаружи статора 1, состоят из четырех эксцентрично расположенных дисков 5 из ферромагнитного материала, объединенных осью 13 из ферромагнитного материала, соединенных с зубчатыми колесами - сателлитами 6, зацепляющимися снаружи с центральным солнечным колесом 3, находящимся на статоре, с образованием планетарной зубчатой передачи с несколькими симметричными сателлитами.

Физика работы и принцип действия предлагаемого электродвигателя мотор-колеса представлены на фиг. 2 и 4.

# BY 21634 C1 2018.02.28

Электродвигатель мотор-колеса работает следующим образом. При подаче тока в обмотку управления Б электромагнитного преобразователя (фиг. 4, а) магнитный поток, развиваемый постоянным магнитом 12, суммируется с магнитным потоком, развиваемым обмоткой управления Б в рабочем зазоре под эксцентрическим диском Д3. При этом магнитный поток, развиваемый постоянным магнитом 12, от северного полюса N магнита проходит через полюс А1 кольцевого магнитопровода 2, рабочий зазор, эксцентрический диск Д1 и через ось 13. Таким образом, эксцентрический диск Д3 начинает притягиваться к полюсу Б1 кольцевого магнитопровода 2, и ротор 4 поворачивается относительно оси 13 по часовой стрелке на угол  $\pi/2$ , а его центр при этом переместится вправо на угол  $\Delta\phi = \pi R/D$ , где R - радиус зубчатого колеса - спутника 6, D - диаметр центрального солнечного колеса 3.

При выключении тока в обмотке управления Б и включении его в обмотке А (фиг. 4, б) магнитный поток переключается под эксцентрический диск Д2, и ротор 4 снова поворачивается относительно оси 13 по часовой стрелке на угол  $\pi/2$ , перемещая ее вправо на угол  $\Delta\phi$ .

Затем при выключении тока в обмотке управления А и включении тока обратного направления в обмотке Б (фиг. 4, в) магнитный поток переключается под эксцентрический ферромагнитный диск Д4, и ротор 4 поворачивается по часовой стрелке на угол  $\pi/2$  без проскальзывания, перемещая ось 13 вправо еще на величину  $\Delta\phi$ .

Выключив обмотку управления Б и включив ток обратного направления в обмотке А (фиг. 4, г), переключают магнитный поток под эксцентрический диск Д1, и ось 13 ротора 4 снова переместится по часовой стрелке на величину  $\Delta\phi$  и т.д. При изменении порядка коммутации обмоток управления А и Б ротор 4 будет дискретно прокатываться по кольцевым направляющим против часовой стрелки. Изменяя количество эксцентрических ферромагнитных дисков 5 и угол между проекциями линий симметрии дисков, проходящих через ось вращения ротора и центры дисков, можно изменять величину одиночного шага

$$\Delta\phi = \frac{4\pi \cdot R}{D \cdot N},$$

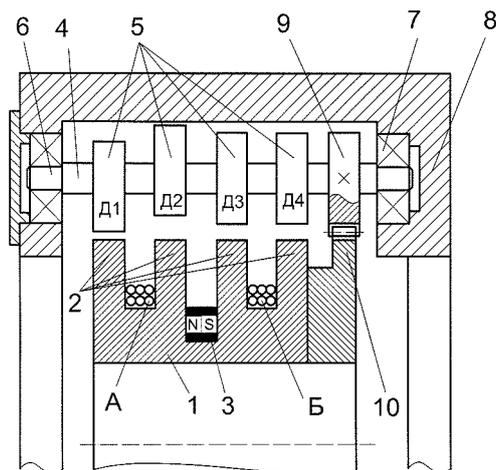
где N - количество дисков.

При этом, изменяя количество роторов 4, можно создавать двигатели с различными силовыми характеристиками.

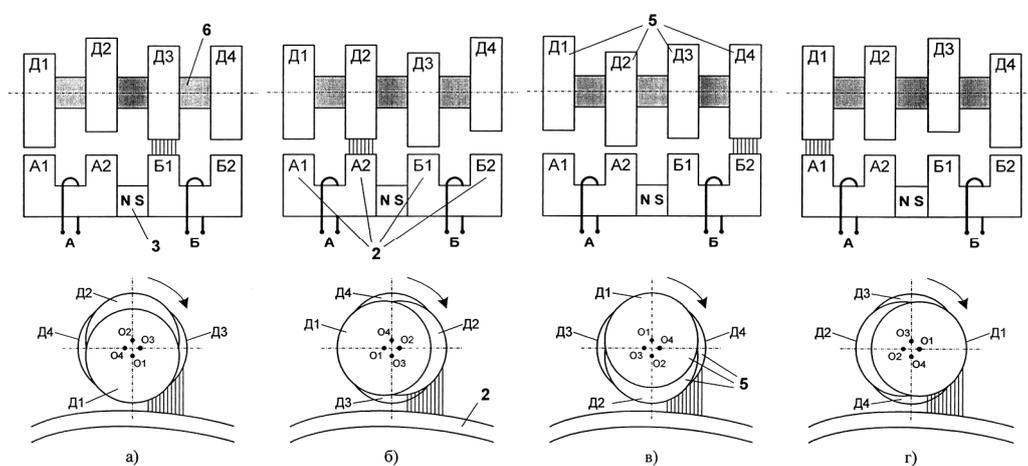
Заявляемый электродвигатель мотор-колеса по сравнению с прототипом имеет более высокий КПД, более высокие максимальные скорости и ускорения движения, малые динамические ошибки при их реализации, что позволяет эффективно использовать его не только в транспортных средствах, но и в прецизионном приборостроении.

Источники информации:

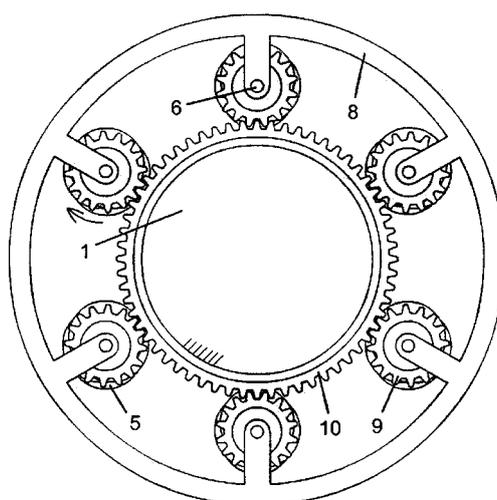
1. US 3457482, НКИ 318-38, 1969.
2. RU 2038955.
3. US 6,822,361, НКИ 310/178; 310/114 3, 2004.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4