

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043528**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.05.30**

(51) Int. Cl. **B60K 1/00** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202290097**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.12.15**

---

(54) **ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЯГОВЫЙ ПРИВОД ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ (ВАРИАНТЫ)**

---

(43) **2023.05.29**

(56) EA-B1-008000  
RU-C1-2123944  
RU-C2-2531540  
EP-A1-1947756

(96) **2021/EA/0073 (BY) 2021.12.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ" (BY)**

(72) Изобретатель:  
**Поддубко Сергей Николаевич,  
Басинюк Владимир Леонидович,  
Волкотруб Рита Евгеньевна,  
Глазунова Анна Александровна,  
Лобкова Майя Петровна (BY)**

(57) Изобретение относится к тяговым электромеханическим приводам электромобилей и может быть использовано главным образом в электромобилях с мощностью тягового привода до 45 кВт и скоростью движения до 120 км/ч. Задачей изобретения является повышение надежности и ремонтпригодности, снижение себестоимости электромеханического тягового редуктора. Для решения поставленной задачи в электромеханический тяговый привод электромобиля, состоящий из электродвигателя, системы управления, системы электропитания и механического редуктора с зубчатыми передачами, введены две соосно установленные между электродвигателем и механическим редуктором внешняя и, размещенная между ней и электродвигателем, внутренняя понижающие обороты электродвигателя консольно расположенные ременные передачи, одна из которых работает с номинальным натяжением, вырабатывая ресурс, а вторая работает в легком режиме нагружения с натяжением 0,1...0,2 от номинального, включается в кинематическую цепь автоматизированно после потери работоспособности первой и работает до ее замены. Это позволяет обеспечить повышенную надежность электромеханического тягового привода, существенное снижение его себестоимости за счет использования для понижающей обороты электродвигателя высокоскоростной дорогостоящей зубчатой передачи, имеющей 5-6 степень точности, дешевой, консольно расположенной ремонтпригодной ременной передачи.

**B1**

**043528**

**043528**

**B1**

Изобретение относится к тяговым электромеханическим приводам электромобилей и может быть использовано, главным образом, в электромобилях с мощностью тягового привода до 45 кВт и скоростью движения до 120 км/ч.

К наиболее распространенным и перспективным электромеханическим тяговым приводам электромобилей можно отнести тяговые приводы с центральным электродвигателем, механическим зубчатым редуктором и межколесным механическим дифференциалом [1].

Развитие этих электромеханических тяговых приводов в основном идет по пути повышения частоты вращения электродвигателя, величина которой сегодня составляет (6000.... 12000) об/мин и в перспективе должна достичь 18000 об/мин.

К основным недостаткам этих электромеханических тяговых приводов можно отнести то, что с повышением частот вращения электродвигателя экспоненциально возрастают шум и вибрации механического зубчатого редуктора, характеризующие соответствующее увеличение динамической нагруженности зубчатых колес и снижение их надежности, увеличивается стоимость редуктора, поскольку зубчатые передачи необходимо изготавливать с 5-6 степенью точности, и снижается ремонтпригодность тягового привода.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному и принятым за прототип является электромеханический тяговый привод электромобиля, состоящий из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе на валу ротор и жестко связанный с корпусом статор, систему электропитания электродвигателя, систему управления, связанную со статором электродвигателя и системой электропитания, и механический редуктор с зубчатыми передачами, размещенными в закрытом корпусе [2].(см. Тесло).

К основным недостаткам этого тягового привода можно отнести то, что с повышением частот вращения электродвигателя экспоненциально возрастают шум и вибрации механического зубчатого редуктора, характеризующие соответствующие увеличение динамической нагруженности зубчатых колес и снижение их надежности, увеличивается стоимость редуктора, поскольку зубчатые передачи необходимо изготавливать с 5-6 степенью точности, и снижается ремонтпригодность механического тягового привода.

Цель изобретения - повышение надежности и ремонтпригодности, снижение себестоимости электромеханического тягового редуктора.

Поставленная цель достигается тем, что в электромеханическом тяговом приводе электромобиля, состоящем из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе (1) на валу (2) ротор (3) и жестко связанный с корпусом (1) статор (4), систему электропитания электродвигателя, систему управления, связанную со статором (4) электродвигателя и системой электропитания, и механический редуктор с зубчатыми передачами, размещенными в закрытом корпусе (9), причем в механическом редукторе на его входном валу (11) параллельно друг другу расположены две зубчатые передачи с ведущими шестернями (5), (7), которые установлены с возможностью вращения относительно этого вала (11), и ведомыми зубчатыми колесами (6), (8), которые установлены с возможностью зацепления с ответными им ведущими шестернями (5), (7) механического редуктора и жестко связаны с выходным валом (27) механического редуктора, при этом электромеханический тяговый привод дополнительно снабжен муфтой (10), которая расположена между ведущими шестернями (5), (7), жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и связана с системой управления, а также двумя соосно установленными внешней и, размещенной между нею и корпусом (1) электродвигателя, внутренней понижающими обороты электродвигателя ременными передачами, ведущие шкивы которых (12) и (13) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на валу (2) ротора (3) электродвигателя с возможностью вращения относительно этого вала (2), а ведомые шкивы (14) и (15) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на консольно выступающей со стороны вала (2) ротора (3) электродвигателя части входного вала (11) механического редуктора и жестко связаны с ним, а также электромагнитной муфтой (18), которая установлена между ведущими шкивами (12), (13) ременных передач на валу (2) ротора (3) электродвигателя, жестко связана с ним и электрически связана с системой управления, а также двумя датчиками Холла (19), (20), которые связаны с системой управления, причем муфта (10), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора, установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (5), (7) или их разъединения с входным валом (11) механического редуктора, а ведущие (12), (13) и ведомые (14), (15) шкивы ременных передач установлены с возможностью взаимодействия с ремнями (16), (17) соответственно внешней и внутренней ременных передач, ремни (16), (17) ременных передач выполнены зубчатыми, и электромагнитная муфта (18), размещенная между ведущими шкивами (12), (13), установлена с возможностью взаимодействия с одним из ведущих шкивов (12), (13) ременных передач, а один из датчиков Холла (19) установлен с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, размещенного на ведомом шкиве (15) внешней ременной передачи, а второй датчик Холла (20) установлен на внутренней части корпуса (1) электродвигателя с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, установленного на роторе (3) электродвигателя при его исполнении короткозамкнутым или с магнитным полем постоянных магнитов ротора (3) электродвигателя при его исполнении с постоянными магнитами (вариант I).

Поставленная цель достигается также тем, что в электромеханическом тяговом приводе электромо-

биля, состоящем из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе (1) на валу (2) ротор (3) с постоянными магнитами или короткозамкнутый ротор и жестко связанный с корпусом (1) статор (4), систему электропитания электродвигателя, систему управления, связанную со статором (4) электродвигателя и системой электропитания и механический редуктор с зубчатыми передачами, размещенными в закрытом корпусе (9), причем в механическом редукторе параллельно установлены четыре зубчатые передачи с ведущими шестернями (5), (7) и (21), (23), которые установлены на входном валу (11) механического редуктора с возможностью вращения относительно этого вала (11), и с ведомыми зубчатыми колесами (6), (8), (22), (24), которые установлены с возможностью зацепления с ответными им ведущими шестернями (5), (7) и (21), (23) и жестко связаны с выходным валом (27) механического редуктора, при этом электромеханический тяговый привод дополнительно снабжен двумя муфтами (10), (25), одна из которых установлена между ведущими шестернями (5), (7) одной пары зубчатых передач, жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и связана с системой управления, вторая муфта (25) установлена между ведущими шестернями (21), (23) другой пары зубчатых передач, жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и связана с системой управления, а также двумя соосно установленными внешней и, размещенной между нею и корпусом (1) электродвигателя, внутренней понижающими обороты электродвигателя ременными передачами, ведущие шкивы которых (12) и (13) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на валу (2) ротора (3) электродвигателя с возможностью вращения относительно этого вала (2), а ведомые шкивы (14) и (15) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на консольно выступающей со стороны вала (2) ротора (3) электродвигателя части входного вала (11) механического редуктора и жестко связаны с ним, а также электромагнитной муфтой (18), которая установлена между ведущими шкивами (12), (13) ременных передач на валу (2) электродвигателя, жестко связана с этим валом (2) и электрически связана с системой управления, а также двумя датчиками Холла (19), (20), которые связаны с системой управления, причем одна дополнительная муфта (10), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора, установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (5), (7) одной пары зубчатых передач или их разъединения с входным валом (11) механического редуктора, другая дополнительная муфта (25), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора, установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (21), (23) другой пары зубчатых передач или их разъединения со входным валом (11) механического редуктора, а ведущие (12), (13) и ведомые (14), (15) шкивы установлены с возможностью взаимодействия с ремнями (16), (17) соответственно внешней и внутренней ременных передач и ремни (16), (17) ременных передач выполнены поликлиновыми, при этом электромагнитная муфта (18), размещенная между ведущими шкивами (14), (15), установлена с возможностью взаимодействия с одним из ведущих шкивов (12), (13) ременных передач, а один из датчиков Холла (19) установлен с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, размещенного на ведомом шкиве (15) внешней ременной передачи, а второй датчик Холла (20) установлен на внутренней части корпуса (1) электродвигателя с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, установленного на роторе (3) электродвигателя при его исполнении короткозамкнутым или с магнитным полем постоянных магнитов ротора (3) электродвигателя при его исполнении с постоянными магнитами (вариант II).

В электромеханическом тяговом приводе электромобиля по первому или второму вариантам:

один из подшипниковых узлов (26) входного вала (11) механического редуктора установлен со стороны торца электродвигателя, обращенного к ременным передачам, что позволяет создать более благоприятные условия его функционирования с учетом консольной нагрузки, создаваемой ременными передачами, и за счет этого повысить надежность привода;

механический редуктор установлен под углом к ременным передачам относительно оси его входного вала (11), обеспечивающим положение его выходного вала (27) за пределы габаритных размеров электродвигателя и ременных передач;

ременные передачи выполнены с возможностью создания системой управления на одной из ременных передач номинального натяжения, на другом натяжения 0,1-0,2 от номинального натяжения и автоматизированного изменения системой управления натяжением ременных передач, что позволяет сохранить работоспособность внутренней ременной передачи практически на неограниченное время при своевременной замене потерявшего работоспособность ремня внешней передачи и на основе этого повысить надежность электромеханического тягового привода.

В первом варианте конструкционного исполнения электромеханического тягового привода электромобиля использованы понижающие обороты электродвигателя две зубчато-ременные передачи, а также две переключаемые зубчатые передачи, одна из которых имеет максимальное передаточное число, необходимое для трогания электромобиля с места и при движении электромобиля на подъемах, а вторая зубчатая передача имеет меньшее, по сравнению с первой, передаточное число и используется при движении с номинальными скоростями, регулирование которых осуществляется путем управления частотой вращения электродвигателя, например с использованием преобразователя частоты (ПЧС), позволяющего изменять частоту подаваемого на статор электродвигателя системой управления напряжения.

Первый вариант конструкционного исполнения электромеханического тягового привода рассчитан

на городской электромобиль, для которого установлено ограничение скорости 50-60 км/ч. В нем может быть использован недорогой асинхронный электродвигатель мощностью до 25 кВт и частотой вращения до 6000 об/мин. Он прост, дешев и надежен за счет дублирования зубчато-ременной передачи и простоты смены зубчатого ремня на консольно уставленной передаче, т.е. обладает высокой ремонтпригодностью, низкими вибрациями и шумом и существенно меньшей, по сравнению с прототипом, себестоимостью за счет использования в качестве понижающей не зубчатой стальной, а зубчато-ременной передачи с резиновыми или полимерными зубчатыми ремнями.

Понижающая обороты электродвигателя зубчато-ременная передача при приведенных частотах вращения обеспечит функционирование с приемлемым для электромобиля уровнем шума и вибраций, а ее передаточное отношение, ориентировочно равное 12, позволит снизить частоту вращения входного вала механического редуктора до 500 об/мин и использовать в механическом редукторе дешевые прямозубые зубчатые колеса 8, а по отдельным нормам 9, степени точности, обеспечивающие при максимальных скоростях вращения практически бесшумное функционирование механического редуктора.

Второй вариант электромеханического тягового привода электромобиля рассчитан на движение в городских условиях и пригородной зоне со скоростью до 120 км/ч с использованием электродвигателя с частотой вращения 12000 об/мин и более и мощностью до 45...50 кВт. Поэтому в нем используются ориентированные на эти скорости вращения электродвигателя поликлиновые, понижающие его обороты, передачи и четыре переключаемые зубчатые передачи в механическом редукторе.

Поликлиновая передача при повышенных до 12000 об/мин и более частотах вращения электродвигателя обеспечит функционирование с приемлемым для электромобиля уровнем шума, а ее передаточное отношение, также ориентировочно равное 12, позволит снизить частоту вращения входного вала механического редуктора до 1000 об/мин, обеспечив возможность использования приемлемых по технологичности и стоимости 7-8 степени точности прямозубые зубчатые колеса, обеспечивающие при этих скоростях вращения практически бесшумное функционирование механического редуктора.

Высокая надежность электромеханического тягового привода обеспечивается двумя факторами:

на выходном валу электродвигателя и входном валу зубчатого редуктора размещаются две ременные консольно расположенные передачи, одна из которых постоянно работает, а вторая, размещенная между первой передачей и электродвигателем, находится в ненагруженном свободном состоянии, при этом при выходе из строя первой передачи, что регистрируется датчиками Холла по рассогласованию частот вращения электродвигателя и ведущего шкива первой передачи, осуществляется подача сигнала об этом на панель управления и автоматизированное переключение электромагнитной муфтой потока мощности с первой передачи на вторую;

консольное внешнее расположение первой и второй передач позволяет восстановить их работоспособность в течение короткого времени, при этом замена ремней может осуществляться практически в любых условиях, включая условно "полевые" вне мастерской.

Снижение себестоимости электромеханического тягового редуктора обеспечивается использованием в механическом редукторе недорогих прямозубых зубчатых передач 7-8 и по отдельным нормам 9 степени точности.

Повышение ремонтпригодности электромеханического тягового редуктора достигается консольным расположением и открытым исполнением ременных передач, что упрощает замену ремней при потере их работоспособности.

Пример конструктивного исполнения электромеханического тягового привода электромобиля показан:

на фиг. 1 - схема конструктивного исполнения электромеханического тягового привода электромобилей с двумя парами переключаемых зубчатых передач и зубчато-ременными передачами (вариант I), ориентированное на использование электродвигателя мощностью менее 25 кВт и частотой вращения до 6000 об/мин в электромобилях со скоростями движения преимущественно в городских условиях менее 50...60 км/ч;

на фиг. 2 - схема конструктивного исполнения электромеханического тягового привода электромобиля с четырьмя парами переключаемых зубчатых колес (вариант II), ориентированное на использование в электромобилях мощностью электродвигателя 45...50 кВт и частотой вращения 12 000 об/мин и более, движущихся со скоростями до 120 км/ч.

Электромеханический тяговый привод электромобиля в соответствии с первым вариантом конструктивного исполнения состоит (фиг. 1) из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе (1) на валу (2) ротор (3) и жестко связанный с корпусом (1) статор (4), систему электропитания (не показана) электродвигателя, систему управления (не показана), связанную со статором (4) электродвигателя и системой электропитания (не показана), механического редуктора с зубчатыми передачами (5-6, 7-8), размещенными в закрытом корпусе (9) и выполненными с возможностью переключения системой управления (не показана).

В механическом редукторе параллельно установлены две зубчатые передачи, в которых:

ведущие шестерни (5), (7) размещены на входном валу (11) механического редуктора с возможностью вращения относительно этого вала;

ведомые зубчатые колеса (6), (8) размещены соосно с возможностью зацепления с ведущими шестернями соответственно (5), (7).

В механическом редукторе установлена связанная с системой управления (не показана) муфта (10) для переключения зубчатых передач (5-6, 7-8), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из установленных на нем ведущих шестерен (5), (7) механического редуктора или разъединения этих ведущих шестерен с входным валом (11) по соответствующему воздействию на муфту (10) системы управления.

В электромеханический тяговый привод электромобиля введены две соосно установленные внешняя и, размещенная между ней и корпусом (1) электродвигателя, внутренняя понижающие ременные передачи, ведущие шкивы которых (12) и (13) соответственно внешней и внутренней понижающих ременных передач установлены с возможностью вращения на валу (2) ротора (3) электродвигателя, а ведомые шкивы (14) и (15) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на консольно выступающей со стороны вала (2) ротора (3) электродвигателя части входного вала (11) механического редуктора. Ведущие (12) и (13) и ведомые (14) и (15) шкивы установлены с возможностью взаимодействия с зубчатыми ремнями (16) и (17) соответственно внешней и внутренней зубчато-ременных передач.

Между ведущими шкивами (12) и (13) зубчато-ременной передачи на валу (2) ротора (3) электродвигателя установлена и жестко связана с ним электромагнитная муфта (18), электрически связанная с системой управления (не показана). Электромагнитная муфта (18) установлена с возможностью взаимодействия с одним (12) или другим (13) ведущими шкивами зубчато-ременных передач по соответствующему воздействию на нее системы управления (не показана).

Электромеханический тяговый привод электромобиля снабжен двумя датчиками Холла (19), (20), один из которых (19) установлен с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита (не показан), размещенного на ведомом шкиве (14) внешней ременной передачи. Второй датчик Холла (20) установлен на внутренней части корпуса (1) электродвигателя с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита (не показан), установленного на роторе (3) электродвигателя при его исполнении короткозамкнутым или магнитным полем постоянных магнитов (не показаны) ротора (3) при его исполнении с постоянными магнитами (не показаны).

Ремни (16), (17) соответственно внешней и внутренней зубчато-ременных передач установлены с возможностью взаимодействия с ведущими (12), (13) и ведомыми (14), (15) шкивами соответственно внешней и внутренней зубчато-ременных передач.

Второй вариант конструкционного исполнения электромеханического тягового привода электромобиля (фиг. 2) состоит из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе (1) на валу (2) ротор (3) с постоянными магнитами (не показаны) или короткозамкнутый ротор (3) и жестко связанный с корпусом (1) статор (4), систему электропитания электродвигателя (не показана), систему управления (не показана), связанную со статором (4) электродвигателя и системой электропитания (не показана), механического редуктора, у которого установлены четыре зубчатых передачи с ведущими шестернями (5), (7), (21), (23) на входном валу (11) механического редуктора с возможностью вращения относительно этого входного вала (11) и ведомыми зубчатыми колесами соответственно (6), (8), (22) и (24). Зубчатые передачи размещены в закрытом корпусе (9) с возможностью жесткого соединения системой управления (не показана) одной из ведущих шестерен (5), (7), (21), (23) с входным валом (11) механического редуктора.

Во второй вариант конструкционного исполнения электромеханического тягового привода электромобиля (фиг. 2) дополнительно введены две связанные с системой управления (не показана) муфты (10) и (25), жестко связанные с входным валом (11) механического редуктора. Одна из этих муфт (10) установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из пары ведущих шестерен (5), (7) или разъединения этих ведущих шестерен (5), (7) с входным валом (11) механического редуктора по соответствующему воздействию на муфту (10) системы управления (не показана). Вторая муфта (25) также связана с системой управления (не показана), установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (21), (23) другой пары зубчатых передач или разъединения этих шестерен (21), (23) с входным валом (11) механического редуктора по соответствующему воздействию на муфту (25) системы управления (не показана).

Электромеханический тяговый привод электромобиля (фиг. 2) дополнительно содержит две соосно установленные внешнюю и, размещенную между ней и корпусом (1) электродвигателя, внутреннюю ременные передачи. Их ведущие шкивы (12) и (13) соответственно внешней и внутренней ременных передач установлены с возможностью вращения на валу (2) ротора (3) электродвигателя, а ведомые шкивы (14) и (15) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на консольно выступающей со стороны вала (2) ротора (3) электродвигателя части входного вала (11) механического редуктора.

Ведущие (12) и (13) и ведомые (14) и (15) шкивы установлены с возможностью взаимодействия с ремнями (16) и (17) соответственно внешней и внутренней ременных передач. Электромагнитная муфта (18) размещена между ведущими шкивами (12) и (13), электрически связана с системой управления, механически жестко связана с валом (2) ротора (3) электродвигателя и установлена с возможностью взаимодействия с одним (12) или другим (13) ведущими шкивами ременных передач.

Электромеханический тяговый привод электромобиля по второму варианту конструкционного ис-

полнения (фиг. 2) дополнительно содержит два датчика Холла (19), (20), один из которых (19) установлен с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита (не показан), установленного на ведомом шкиве (14) внешней ременной передачи, а второй датчик Холла (20) установлен на внутренней части корпуса (1) электродвигателя с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита (не показан), установленного на роторе (3) электродвигателя при его исполнении короткозамкнутым или магнитным полем постоянных магнитов (не показаны) ротора (3) электродвигателя при его исполнении с постоянными магнитами.

Для установки механического редуктора под углом (не показан) к ременным передачам с его поворотом относительно оси входного вала (11) механического редуктора, обеспечивающим размещение его выходного вала (27) вне габаритных размеров электродвигателя и ременных передач, может быть использован дополнительный подшипниковый узел (28) и система (не показана) его фиксации относительно корпуса (1) электродвигателя.

В первом и втором вариантах конструкционного исполнения электромеханического тягового привода электромобиля:

один из подшипниковых узлов (26) входного вала (11) механического редуктора установлен со стороны торца электродвигателя, обращенного к ременным передачам, что позволяет в определенной мере создать более благоприятные условия функционирования этого узла и ременных передач вследствие меньшего перекоса под нагрузкой оси входного вала (11) механического редуктора и за счет этого повысить надежность электромеханического тягового привода электромобиля;

механический редуктор установлен под углом к ременным передачам относительно оси его входного вала (11), для чего использован дополнительный подшипниковый узел (28), крепящийся на корпусе (1) электродвигателя, причем угол установки механического редуктора может быть регулируемым, а после его установки осуществлена фиксация корпуса (9) механического редуктора на корпусе (1) электродвигателя;

ременные передачи выполнены с возможностью создания системой управления (не показана) на одной из ременных передач номинального натяжения, на другой - натяжения 0,1-0,2 от номинального натяжения, и автоматизированного изменения системой управления натяжения ремней;

ременные передачи выполнены открытыми, чтобы обеспечить доступность к ремням и удобство их замены при потере работоспособности.

Электромеханический тяговый привод электромобиля при конструктивном исполнении в соответствии с первым вариантом работает следующим образом.

При включении электродвигателя системой управления (не показана) системой электропитания (не показана) подают напряжение на статор (4) электродвигателя и его ротор (3) начинает вращаться. При этом муфта (10) жестко связана с ведущим шкивом (12) внешней ременной передачи, у которой установлено номинальное усилие натяжения. От шкива (12) крутящий момент через ремень (16) передается на ведомый шкив (14), жестко связанный с входным валом (11) механического редуктора.

В это время муфта (10) системой управления (не показана) жестко связывает входной вал (11) механического редуктора с ведущей шестерней (5) зубчатой передачи, имеющей большее передаточное отношение.

От этой шестерни (5) крутящий момент передается на зацепляющееся с ним соответствующее ведомое зубчатое колесо (6) и на жестко связанный с ведомым колесом (6) выходной вал (27) механического редуктора, от которого этот крутящий момент непосредственно или через промежуточные шестерни (не показаны) передается на ведущие колеса (не показаны) электромобиля. Это обеспечивает начало движения электромобиля.

При наборе электромобилем скорости в определенный момент системой управления (не показана) через муфту (10) отключается ведущая шестерня (5) от входного вала (11) механического редуктора и осуществляется соединение муфтой (10) его входного вала (11) с ведущей шестерней (7) зубчатой передачи, имеющей меньшее передаточное отношение. После этого крутящий момент передается на зацепляющееся с ведущей шестерней (7) жестко связанное с выходным валом (27) зубчатое колесо (8) и от него непосредственно или через промежуточные шестерни (не показаны) на ведущие колеса (не показаны) электромобиля, что позволяет ему увеличить скорость до требуемой величины.

При необходимости снижения скорости электромобиля приведенная выше последовательность работ механического редуктора осуществляется в обратном порядке. Таким образом, для изменения скорости движения электромобиля муфтой (10) осуществляют переключение механического редуктора на зубчатую передачу с большим или меньшим передаточным числом. Дополнительное регулирование скорости движения электромобиля осуществляется управлением с помощью преобразователя частоты (ПЧС) (не показан), входящего в состав системы управления.

При непосредственной передаче крутящего момента на ведущие колеса (не показаны) электромобиля механический редуктор устанавливается с поворотом вокруг оси его входного вала (11) относительно ременных передач и электродвигателя на угол, необходимый для расположения его выходного вала вне габаритов электродвигателя и открытых ременных передач.

В процессе работы электромеханического тягового привода с помощью датчика Холла (20), уста-

новленного внутри корпуса (1) электродвигателя, осуществляют контроль частоты вращения ротора (3) электродвигателя; углового положения ротора (3) относительно статора (4), используемого для управления частотой вращения электродвигателя с использованием преобразователя частоты (ПЧС); состояние внешней ременной передачи.

При потере работоспособности внешней ременной передачи возникает рассогласование вращения вала (2) ротора (3) электродвигателя и связанного с ним электромеханической муфтой (18) ведомого шкива (14) внешней ременной передачи, т.е. изменяется на недопустимую величину жестко регламентированное передаточным числом ременной передачи соотношение частот вращения ведомого шкива (14) внешней ременной передачи и ротора (3) электродвигателя. Это свидетельствует о потере работоспособности внешней ременной передачи. После этого сигнал о потере работоспособности внешней ременной передачи передают в систему управления (не показана) и оттуда на приборную панель (не показана) электромобиля. Затем электромагнитной муфтой (18) по команде системы управления (не показана) осуществляют разъединение ведущего шкива (12) с валом (2) ротора (3) электродвигателя, создают на внутренней ременной передаче номинальное усилие натяжения ремня и, если не произошел разрыв ремня (16), то на наружной ременной передаче создают усилие натяжения 0,1..0,2 от номинального. Одновременно с этим электромагнитной муфтой (18) соединяют ведущий шкив (13) внутренней ременной передачи с валом (2) ротора (3) электродвигателя, что обеспечивает возможность дальнейшего движения электромобиля без его остановки.

После этого осуществляют замену потерявшего работоспособность ремня (16) в консольно установленной внешней ременной передаче, электромагнитной муфтой (18) разъединяют вал (2) ротора (3) электродвигателя с ведущим шкивом (13) и муфтой (18) осуществляют соединение вала (2) ротора (3) электродвигателя с ведущим шкивом (12) внешней ременной передачи. Одновременно с этим на внешней ременной передаче системой управления (не показана) создается номинальное натяжение ремня (16), а на внутренней ременной передаче - натяжение 0,1..0,2 от номинального.

При резком торможении и возникновении аварийной ситуации в процессе движения электромобиля осуществляют отключение муфтой (10) ведущих шестерен (5) и (7) от входного вала (11) механического редуктора, что позволяет остановить электромобиль, исключив аварийную ситуацию.

Работа электромеханического тягового привода электромобиля при конструктивном исполнении в соответствии со вторым вариантом аналогична.

Особенность заключается в следующем.

При передаче от шкива (12) через ремень (16) крутящего момента на ведомый шкив (14), жестко связанный с входным валом (11) механического редуктора, одна из муфт (10) или (25) жестко связывает его входной вал (11) с одной из ведущих шестерен (5), (7), (21), (23) зубчатой передачи, имеющей наибольшее передаточное число. От этой ведущей шестерни, например (5), крутящий момент передается на находящееся в зацеплении с ним ведомое зубчатое колесо соответственно (6) и от него на жестко связанный с этим зубчатым колесом (6) выходной вал (27), от которого крутящий момент передается непосредственно или через промежуточные шестерни (не показаны) на ведущие колеса (не показаны) электромобиля. Это обеспечивает начало движения электромобиля.

При необходимости увеличения скорости движения электромобиля муфтами (10) или (25) осуществляют переключение механического редуктора на соответствующую зубчатую передачу с большим передаточным числом и т.д.

При резком торможении и возникновении аварийной ситуации в процессе движения электромобиля системой управления (не показана) осуществляют отключение муфтами (10) и (25) всех ведущих шестерен (5), (7), (21) и (23) от входного вала (11) механического редуктора, что позволяет исключить аварийную ситуацию.

Реализация предлагаемого технического решения позволяет обеспечить повышенную надежность электромеханического тягового привода, существенное снижение его себестоимости за счет использования для понижающей обороты электродвигателя высокоскоростной дорогостоящей зубчатой передачи, имеющей 5-6 степень точности, дешевой, консольно расположенной ремонтпригодной ременной передачи.

Перечень обозначений:

- 1 - корпус электродвигателя;
- 2 - вал электродвигателя;
- 3 - ротор с постоянными магнитами или короткозамкнутый ротор;
- 4 - статор, жестко связанный с корпусом (1);
- 5, 7, 21, 23 - ведущие шестерни механического редуктора;
- 6, 8, 22, 24 - ведомые зубчатые колеса механического редуктора;
- 9 - корпус механического редуктора;
- 10, 25 - муфты для переключения зубчатых передач в механическом редукторе;
- 11 - входной вал механического редуктора;
- 12, 13 - ведущие шкивы ременных передач;
- 14, 15 - ведомые шкивы ременных передач;

16, 17 - ремни ременных передач;  
 18 - электромагнитная муфта;  
 19, 20 - датчики Холла;  
 26 - подшипниковый узел;  
 27 - выходной вал механического редуктора;  
 28 - дополнительный подшипниковый узел для поворота механического редуктора относительно оси его входного вала (11).

Источники информации.

1. FRN 2200800 А, В 60 К 17/00, 1974; US N 3888325 А, В 60 К 1/00, 1975).

2 Альгин, В.Б. Ресурсная механика трансмиссий мобильных машин/В.Б. Альгин, С.Н. Поддубко. - Минск: Белорусская наука, 2019.-349с (стр.313, рисунок 19. 17).

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электромеханический тяговый привод электромобиля, состоящий из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе (1) на валу (2) ротор (3) и жестко связанный с корпусом (1) статор (4), систему электропитания электродвигателя, систему управления, связанную со статором (4) электродвигателя и системой электропитания, и механический редуктор с зубчатыми передачами, размещенными в закрытом корпусе (9), причем в механическом редукторе на его входном валу (11) параллельно друг другу расположены две зубчатые передачи с ведущими шестернями (5), (7), которые установлены с возможностью вращения относительно этого вала (11), и ведомыми зубчатыми колесами (6), (8), которые установлены с возможностью зацепления с ответными им ведущими шестернями (5), (7) и жестко связаны с выходным валом (27) механического редуктора, при этом электромеханический тяговый привод дополнительно снабжен муфтой (10), которая расположена между ведущими шестернями (5), (7), жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и связана с системой управления, а также двумя соосно установленными внешней и, размещенной между нею и корпусом (1) электродвигателя, внутренней понижающими обороты электродвигателя ременными передачами, ведущие шкивы которых (12) и (13) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на валу (2) ротора (3) электродвигателя с возможностью вращения относительно этого вала (2), а ведомые шкивы (14) и (15) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на консольно выступающей со стороны вала (2) ротора (3) электродвигателя части входного вала (11) механического редуктора и жестко связаны с ним, а также электромагнитной муфтой (18), которая установлена между ведущими шкивами (12), (13) ременных передач на валу (2) ротора (3) электродвигателя, жестко связана с ним и электрически связана с системой управления, а также двумя датчиками Холла (19), (20), которые связаны с системой управления, причем муфта (10), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора, установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (5), (7) или их разъединения с входным валом (11) механического редуктора, а ведущие (12), (13) и ведомые (14), (15) шкивы ременных передач установлены с возможностью взаимодействия с ремнями (16), (17) соответственно внешней и внутренней ременных передач, ремни (16), (17) ременных передач выполнены зубчатыми, и электромагнитная муфта (18), размещенная между ведущими шкивами (12), (13), установлена с возможностью взаимодействия с одним из ведущих шкивов (12), (13) ременных передач, а один из датчиков Холла (19) установлен с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, размещенного на ведомом шкиве (15) внешней ременной передачи, а второй датчик Холла (20) установлен на внутренней части корпуса (1) электродвигателя с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, установленного на роторе (3) электродвигателя при его исполнении короткозамкнутым или с магнитным полем постоянных магнитов ротора (3) электродвигателя при его исполнении с постоянными магнитами (вариант I).

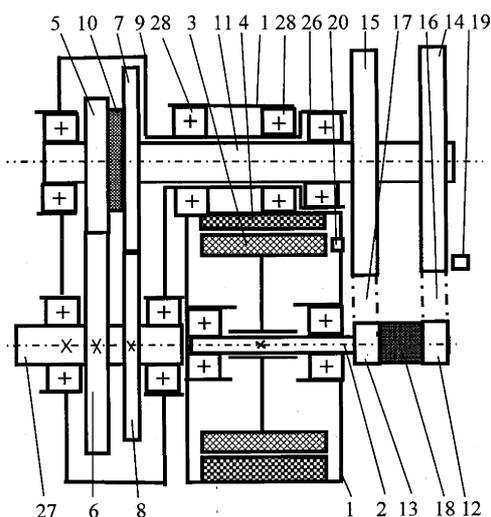
2. Электромеханический тяговый привод электромобиля, состоящий из электродвигателя, включающего размещенный в корпусе (1) на валу (2) ротор (3) с постоянными магнитами или короткозамкнутый ротор и жестко связанный с корпусом (1) статор (4), систему электропитания электродвигателя, систему управления, связанную со статором (4) электродвигателя и системой электропитания, и механический редуктор с зубчатыми передачами, размещенными в закрытом корпусе (9), причем в механическом редукторе параллельно установлены четыре зубчатые передачи с ведущими шестернями (5), (7) и (21), (23), которые установлены на входном валу (11) механического редуктора с возможностью вращения относительно этого вала (11), и с ведомыми зубчатыми колесами (6), (8), (22), (24), которые установлены с возможностью зацепления с ответными им ведущими шестернями (5), (7) и (21), (23) и жестко связаны с выходным валом (27) механического редуктора, при этом электромеханический тяговый привод дополнительно снабжен двумя муфтами (10), (25), одна из которых установлена между ведущими шестернями (5), (7) одной пары зубчатых передач, жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и связана с системой управления, вторая муфта (25) установлена между ведущими шестернями (21), (23) другой пары зубчатых передач, жестко связана с входным валом (11) механического редуктора и связана с системой управления, а также двумя соосно установленными внешней и, размещенной между

нею и корпусом (1) электродвигателя, внутренней понижающими обороты электродвигателя ременными передачами, ведущие шкивы которых (12) и (13) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на валу (2) ротора (3) электродвигателя с возможностью вращения относительно этого вала (2), а ведомые шкивы (14) и (15) соответственно внешней и внутренней ременных передач размещены на консольно выступающей со стороны вала (2) ротора (3) электродвигателя части входного вала (11) механического редуктора и жестко связаны с ним, а также электромагнитной муфтой (18), которая установлена между ведущими шкивами (12), (13) ременных передач на валу (2) электродвигателя, жестко связана с этим валом (2) и электрически связана с системой управления, а также двумя датчиками Холла (19), (20), которые связаны с системой управления, причем одна муфта (10), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора, установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (5), (7) одной пары зубчатых передач или их разъединения со входным валом (11) механического редуктора, другая муфта (25), которая жестко связана с входным валом (11) механического редуктора, установлена с возможностью соединения входного вала (11) с одной из ведущих шестерен (21), (23) другой пары зубчатых передач или их разъединения с входным валом (11) механического редуктора, а ведущие (12), (13) и ведомые (14), (15) шкивы установлены с возможностью взаимодействия с ремнями (16), (17) соответственно внешней и внутренней ременных передач, и ремни (16), (17) ременных передач выполнены поликлиновыми, при этом электромагнитная муфта (18), размещенная между ведущими шкивами (14), (15), установлена с возможностью взаимодействия с одним из ведущих шкивов (12), (13) ременных передач, а один из датчиков Холла (19) установлен с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, размещенного на ведомом шкиве (15) внешней ременной передачи, а второй датчик Холла (20) установлен на внутренней части корпуса (1) электродвигателя с возможностью взаимодействия с магнитным полем постоянного магнита, установленного на роторе (3) электродвигателя при его исполнении короткозамкнутым или магнитным полем постоянных магнитов ротора (3) электродвигателя при его исполнении с постоянными магнитами (вариант II).

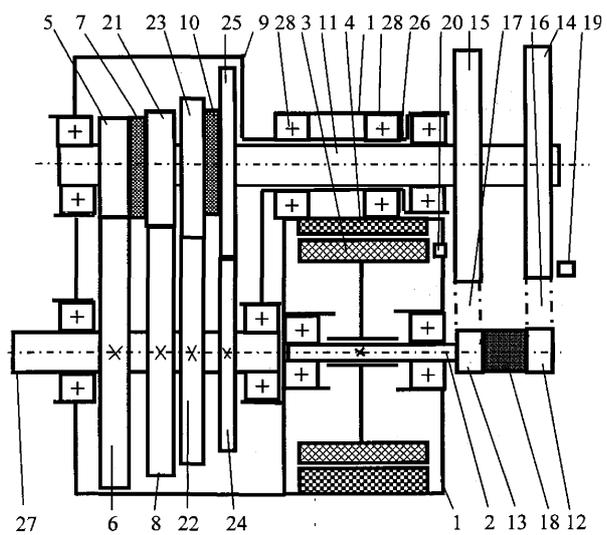
3. Электромеханический тяговый привод электромобиля по п.1 или 2, отличающийся тем, что один из подшипниковых узлов (26) входного вала (11) механического редуктора установлен со стороны торца электродвигателя, обращенного к ременным передачам.

4. Электромеханический тяговый привод электромобиля по п.1 или 2, отличающийся тем, что механический редуктор установлен под углом к ременным передачам относительно оси его входного вала (11), обеспечивающим выход выходного вала (27) за габаритные пределы электродвигателя и ременных передач.

5. Электромеханический тяговый привод электромобиля по п.1 или 2, отличающийся тем, что ременные передачи выполнены с возможностью создания системой управления на одной из ременных передач номинального натяжения, на другой натяжения 0,1-0,2 от номинального натяжения и автоматизированного изменения натяжения системой управления.



Фиг. 1



Фиг. 2