

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2692288

### ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Козярук Анатолий Евтихиевич (RU), Камышьян Альберт Михайлович (RU), Большунова Ольга Михайловна (RU), Коржев Александр Александрович (RU)*

Заявка № 2018133766

Приоритет изобретения 24 сентября 2018 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 24 июня 2019 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 24 сентября 2038 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев







(51) МПК  
*B60L 50/13* (2019.01)  
*H02M 5/42* (2006.01)  
*B60L 7/06* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*B60L 50/13 (2019.02); H02M 5/42 (2019.02); B60L 7/06 (2019.02)*

(21)(22) Заявка: 2018133766, 24.09.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 24.09.2018

Дата регистрации:  
 24.06.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.09.2018

(45) Опубликовано: 24.06.2019 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Санкт-Петербургский горный  
 университет", отдел интеллектуальной  
 собственности и трансфера технологий (отдел  
 ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Козярук Анатолий Евтихиевич (RU),  
 Камышьян Альберт Михайлович (RU),  
 Большунова Ольга Михайловна (RU),  
 Коржев Александр Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Санкт-Петербургский горный  
 университет" (RU)

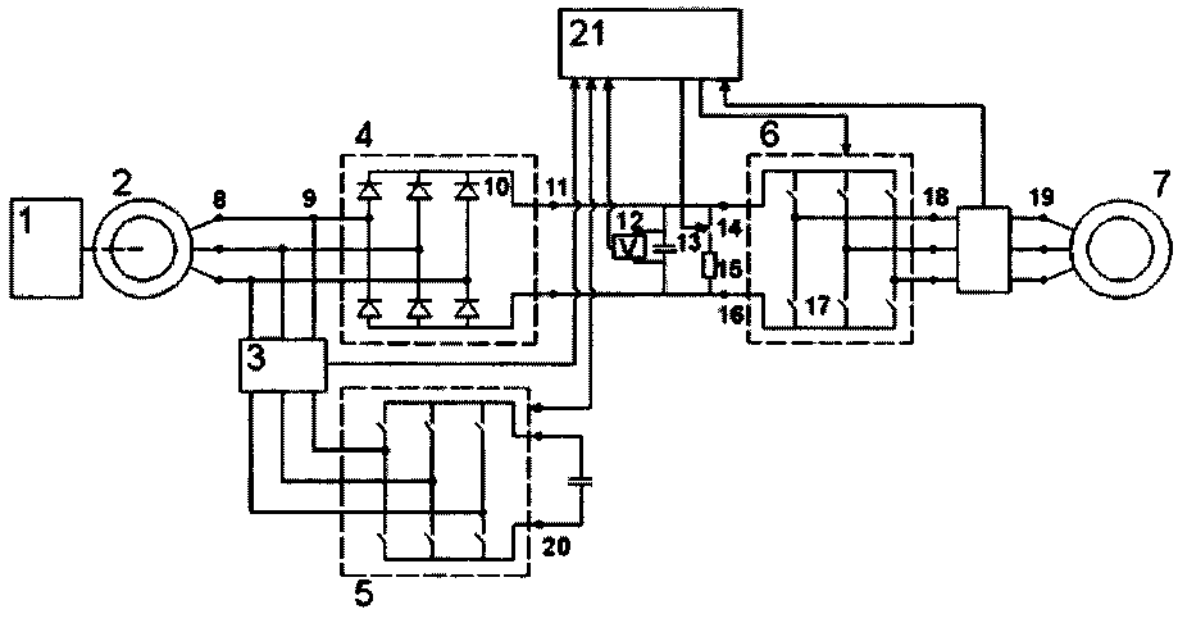
(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: RU 2653945 C1, 15.05.2018. RU  
 2657007 C1, 08.06.2018. RU 2573599 C1,  
 20.01.2016. US 2017267108 A1, 21.09.2017.

(54) ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к электрическим силовым установкам для транспортных средств. Тяговый электропривод автономного транспортного средства содержит синхронный генератор, преобразователь частоты с конденсатором фильтра в звене постоянного тока, автономный инвертор напряжения, асинхронный тяговый электродвигатель, тормозной резистор, измерительные блоки, активный фильтр и систему управления. Активный фильтр подключен через

измерительный блок параллельно к входным выводам преобразователя частоты, выходные выводы которого подключены к конденсатору. Коммутатор соединен последовательно с тормозным резистором. Система управления подключена к измерительным блокам, датчику напряжения, активному фильтру и автономному инвертору напряжения. Техническим результатом является повышение энергетических показателей системы электропривода. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B60L 50/13* (2019.01)  
*H02M 5/42* (2006.01)  
*B60L 7/06* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*B60L 50/13 (2019.02); H02M 5/42 (2019.02); B60L 7/06 (2019.02)*

(21)(22) Application: **2018133766, 24.09.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**24.09.2018**

Registration date:  
**24.06.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **24.09.2018**

(45) Date of publication: **24.06.2019** Bull. № 18

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i  
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Kozyaruk Anatolij Evtikhievich (RU),  
Kamyshyan Albert Mikhajlovich (RU),  
Bolshunova Olga Mikhajlovna (RU),  
Korzhev Aleksandr Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **AUTONOMOUS VEHICLE TRACTION ELECTRIC DRIVE**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to electric power units for vehicles. Traction electric drive of self-contained vehicle comprises synchronous generator, frequency converter with filter capacitor in DC link, autonomous voltage inverter, asynchronous traction motor, braking resistor, measuring units, active filter and control system. Active filter is connected through the measuring unit in parallel to the input terminals of

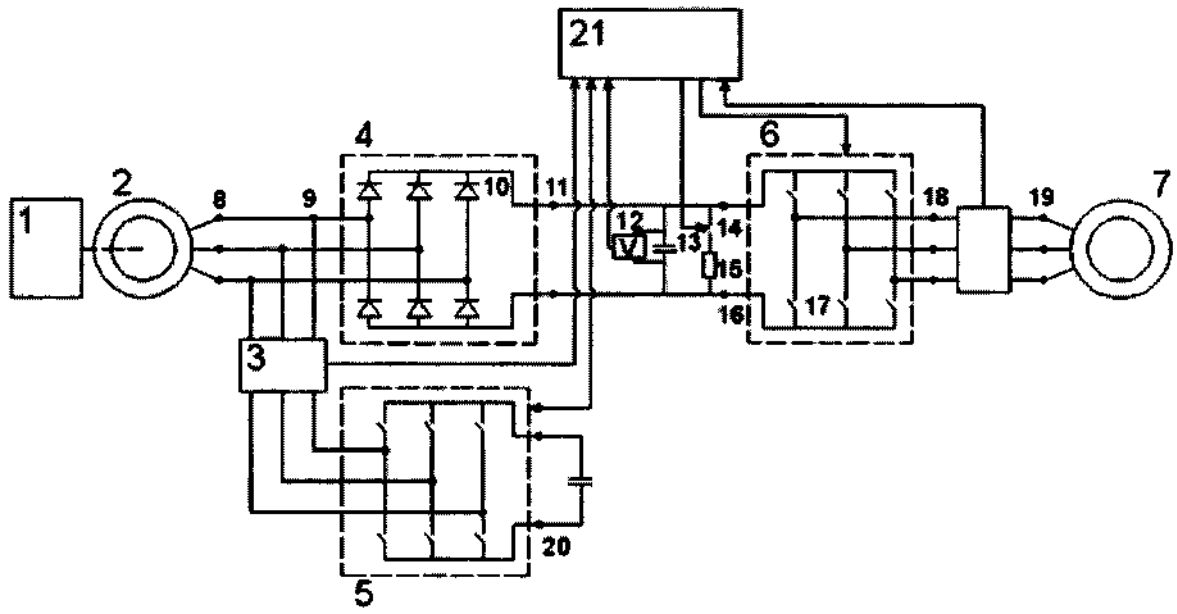
the frequency converter, the output terminals of which are connected to the capacitor. Commutator is connected in series with the braking resistor. Control system is connected to measuring units, voltage sensor, active filter and autonomous voltage inverter.

EFFECT: higher energy performance of electric drive system.

1 cl, 3 dwg

RU 2 692 288 C1

RU 2 692 288 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к дизель-электрической системе привода автомобильного и железнодорожного транспорта и может быть использовано на транспортных средствах с автономным источником энергии, в частности карьерных автосамосвалах с тяговым электроприводом.

5 Известна тяговая электротрансмиссия гусеничной машин (патент РФ №2006388, опубликован 30.01.1994 г.), содержащая тепловой двигатель, два механически связанных с ним генератора тока, подключенные через преобразователи напряжения к тяговым электродвигателям, выходные валы которых через редукторы подсоединены к движителям.

10 Недостатками указанной трансмиссии являются увеличенные массогабаритные параметры трансмиссии, обусловленный наличием дополнительных механических связей и дополнительного редуктора и электродвигателя.

15 Известно транспортное средство с комбинированной энергетической установкой расширенных функциональных возможностей (патент РФ №2473432). Система содержит тепловой двигатель, электрические машины, блоки преобразования и накопления энергии, блок управления, исполнительное устройство рекуперации энергии, исполнительное устройство противобуксовочной системы и системы курсовой устойчивости.

20 Недостатком такого электропривода является наличие редуктора, главной передачи и дифференциала, что приводит к снижению коэффициента полезного действия системы и увеличению массогабаритных параметров.

25 Известна дизель-электрическая система привода с возбуждаемым постоянными магнитами синхронным генератором (патент РФ №2429980, опубликован 27.09.2011 г.). Система содержит дизельный двигатель, возбуждаемый постоянными магнитами, синхронный генератор, двухзвенный вентильный преобразователь напряжения, несколько электрических машин с вращающимся магнитным полем, в частности трехфазные асинхронные двигатели, и тормозной прерыватель.

30 Недостатком такого электропривода является наличие системы возбуждения генератора от постоянных магнитов, что негативно сказывается на надежности системы электропривода при резкопеременном изменении нагрузки, свойственной для системы электропривода карьерных самосвалов.

35 Известен тяговой электропривод автономного транспортного средства (патент РФ №2139798, опубликован 20.10.1999 г.), содержащий тяговый генератор переменного тока, управляемый выпрямитель, выполненный на тиристорах, автономный инвертор тока, тяговый двигатель.

Недостатком такого электропривода является использование тиристорных ключей в конструкции управляемого выпрямителя, что приводит к низкой энергетической эффективности, низкому быстродействию системы привода, завышению габаритов тягового генератора.

40 Известен тяговый теплоэлектрический привод переменного тока (авторское свидетельство СССР №527313, опубликован 05.09.1976 г.), принятый за прототип, содержащий синхронный генератор, преобразователь частоты с конденсатором фильтра в звене постоянного тока, асинхронный тяговый электродвигатель, тормозные резисторы и регулятор напряжения синхронного генератора, подключенный к датчику напряжения генератора, отличающийся тем, что, с целью обеспечения устойчивого торможения при всех скоростях движения, он снабжен датчиком тока, включенным последовательно с конденсатором фильтра, логическим элементом сравнения с заданным сигналом, включенным между этим датчиком тока и регулятором напряжения

синхронного генератора, и дополнительным датчиком напряжения в звене постоянного тока, выход которого также подключен ко входу регулятора напряжения.

К недостаткам данной трансмиссии можно отнести использование диодных ключей в конструкции выпрямителя, что приводит к снижению показателей энергетической эффективности системы электропривода, а также низкой надежности тягового генератора, обусловленной высокими значениями коэффициентов нелинейных искажений тока и напряжения в части системы синхронный генератор - преобразователь частоты, сложной конструкцией системы возбуждения.

Техническим результатом являются повышение энергетических показателей системы электропривода и повышение надежности синхронного генератора, снижение массогабаритных параметров трансмиссии.

Технический результат достигается тем, что электропривод дополнительно содержит активный фильтр, подключенный через измерительный блок параллельно к входным выводам преобразователя частоты, выходные выводы которого, подключенные к конденсатору, коммутатор соединенный последовательно с тормозным резистором, систему управления, подключенную к измерительным блокам, датчику напряжения, активному фильтру и автономному инвертору напряжения

Тяговый электропривод автономного транспортного средства поясняется следующими фигурами:

- 20 фиг. 1 - общая схема устройства;
- фиг. 2 - поясняющая схема полностью управляемого полупроводникового ключа;
- фиг. 3 - поясняющая схема измерительного блока, где:
- 1 - первичный дизельный двигатель;
- 2 - трехфазный синхронный генератор переменного тока;
- 25 3 - измерительный блок;
- 4 - неуправляемый диодный выпрямитель;
- 5 - активный фильтр;
- 6 - автономный инвертор напряжения;
- 7 - асинхронный тяговый двигатель;
- 30 8 - выходные выводы трехфазного синхронного генератора переменного тока;
- 9 - входные выводы неуправляемого выпрямителя;
- 10 - неуправляемый диодный ключ;
- 11 - выходные выводы неуправляемого диодного выпрямителя;
- 12 - датчик напряжения;
- 35 13 - конденсатор;
- 14 - коммутатор;
- 15 - тормозной резистор;
- 16 - входные выводы автономного инвертора напряжения;
- 17 - полностью управляемый полупроводниковый ключ;
- 40 18 - выходные выводы автономного инвертора напряжения;
- 19 - входные выводы асинхронного тягового двигателя;
- 20 - выходные выводы активного фильтра;
- 21 - система управления;
- 22 - транзистор;
- 45 23 - датчик тока.

Тяговый электропривод автономного транспортного средства содержит (Фиг. 1) первичный дизельный двигатель 1, соединенный с трехфазным синхронным генератором переменного тока 2, выходные выводы трехфазного синхронного генератора

переменного тока 8 соединенные с входными выводами неуправляемого выпрямителя 9 на основе неуправляемых диодных ключей 10, имеющий первый и второй выходные выводы неуправляемого диодного выпрямителя 11, активный фильтр 5 на основе полностью управляемых полупроводниковых ключей 17, каждый из которых содержит (Фиг. 2) параллельно включенные транзистор 22 и неуправляемый диодный ключ 10, подключенный параллельно к входным выводам неуправляемого выпрямителя 9 через измерительный блок 3, содержащий (Фиг. 3) датчики тока 23 и датчики напряжения 12, имеющий выходные выводы активного фильтра 20 подключенные к конденсатору 13, автономный инвертор напряжения 6 на основе полностью управляемых полупроводниковых ключей 17, имеющий выходные выводы автономного инвертора напряжения 18, к которым через измерительный блок 3 подключены входные выводы асинхронного тягового двигателя 19 и асинхронный тяговый двигатель 7, и два входных вывода автономного инвертора напряжения 16, к которым параллельно подключены датчик напряжения 12, конденсатор 13, тормозной резистор 15, включенный последовательно с коммутатором 14 и выходные выводы неуправляемого диодного выпрямителя 11, систему управления 21, подключенную к измерительным блокам 3 и датчику напряжения 12, выводам управления полностью управляемых полупроводниковых ключей 17 и коммутатора 14.

Тяговый электропривод автономного транспортного средства фильтра работает следующим образом. В режиме тяги. Первичный дизельный двигатель 1 приводит во вращение вал трехфазного синхронного генератора переменного тока 2, переменное напряжение поступает на выходные выводы трехфазного синхронного генератора переменного тока 8, откуда через входные выводы неуправляемого выпрямителя 9, поступает на неуправляемый диодный выпрямитель 4 и активный фильтр 5. Неуправляемый диодный выпрямитель 4 за счет коммутации неуправляемых диодных ключей 10 преобразует переменное значение напряжения в постоянное, поступающее на конденсатор 13 и измеряемое датчиком напряжения 12, которое подается через входные выводы автономного инвертора напряжения 16 на автономный инвертор напряжения 6 и преобразуется в переменное напряжение, частота которого регулируется переключением полностью управляемых полупроводниковых ключей 17, измеряется измерительным блоком 3, и подается на входные выводы асинхронного тягового двигателя 19 и далее на асинхронный тяговый двигатель 7, создающий крутящий момент. Работа неуправляемых диодных ключей 10 неуправляемого диодного выпрямителя 4 снижает коэффициент мощности и повышает коэффициент нелинейных искажений тока и напряжения системы трехфазный синхронный генератор переменного тока 2 - неуправляемый диодный выпрямитель 4, измерительный блок 3 измеряет значения тока и напряжения, поступающих на активный фильтр 5, активный фильтр 5 по средствам коммутации полностью управляемых полупроводниковых ключей 17 формирует требуемый ток коррекции, необходимый для поддержания максимального коэффициента мощности и минимального коэффициента нелинейных искажений тока и напряжения системы трехфазный синхронный генератор переменного тока 2 - неуправляемый диодный выпрямитель 4, поступающий от заряженного конденсатора 13. Система управления 21, получающая информацию от датчика напряжения 12 и измерительных блоков 3, содержащих датчики тока 23 и напряжения 12, формирует управляющие воздействия, подаваемые на выводы управления полностью управляемых полупроводниковых ключей 17 активного фильтра 5 и автономного инвертора напряжения 6, таким образом, чтобы активный фильтр 5 и автономный инвертор напряжения 6 обеспечивали максимальный коэффициент мощности сети и минимальный



коэффициент нелинейных искажений тока и напряжения.

В режиме торможения. Ротор асинхронного тягового двигателя 7 вращается с частотой большей, чем частота переключения полностью управляемых полупроводниковых ключей 17 автономного инвертора напряжения 6, переводя асинхронный тяговый двигатель 7 в режим генератора. На входных выводах асинхронного тягового двигателя 19 формируется переменное напряжение, поступающее через автономный инвертор напряжения 6 на входные выводы автономного инвертора напряжения 16 и далее заряжающее конденсатор 13. При полном заряде конденсатора 13 от датчика напряжения 12 поступает сигнал на систему управления 21, системой управления 21 формируется управляющее воздействие, подаваемое на вывод управления коммутатора 14, включающим в цепь тормозной резистор 15.

Технико-экономическая эффективность предложения определяется тем, что повышается срок службы синхронного генератора за счет снижения влияния коэффициента нелинейных искажений тока и напряжения на изоляцию обмоток статора и ротора, снижается потребление топлива первичным двигателем за счет уменьшения массогабаритных параметров трансмиссии.

#### (57) Формула изобретения

Тяговый электропривод автономного транспортного средства, содержащий синхронный генератор, преобразователь частоты с конденсатором фильтра в звене постоянного тока, асинхронный тяговый электродвигатель, тормозной резистор, отличающийся тем, что он дополнительно содержит активный фильтр, подключенный через измерительный блок параллельно к входным выводам преобразователя частоты, выходные выводы которого подключены к конденсатору, коммутатор, соединенный последовательно с тормозным резистором, систему управления, подключенную к измерительным блокам, датчику напряжения, активному фильтру и автономному инвертору напряжения.

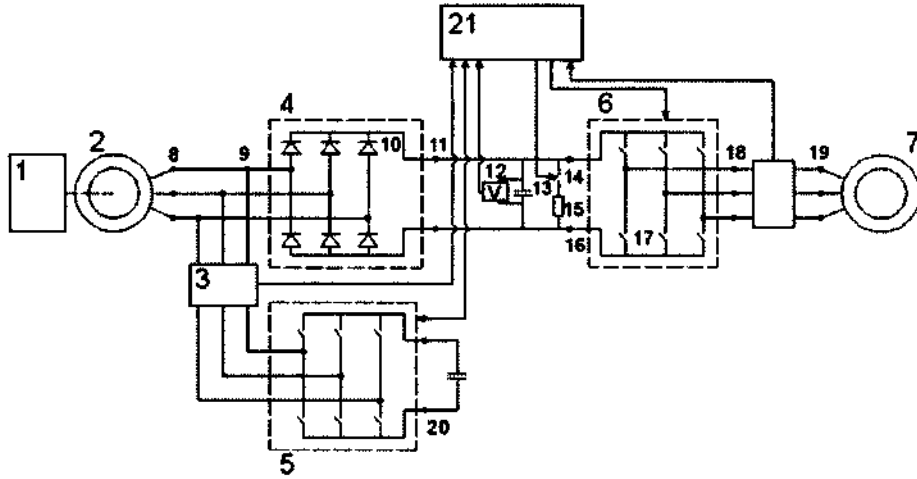
30

35

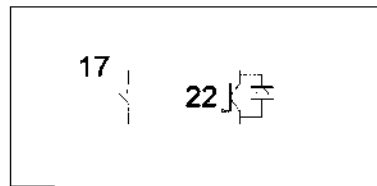
40

45

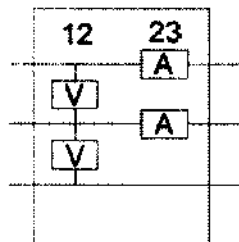
1



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3