



(19) KG (11) 165 (13) C2

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(51)⁶ B60L 11/12; B60K 6/02

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики

(21) 940088.1

(22) 30.08.1994

(31) 443177

(32) 30.11.1989

(33) US

(46) 01.01.1997, Бюл. №3, 1997

(71) Маратон ЛеТурно Компани, US

(72) Рональд Аллен Джонстон, Дуайт Бейкер, Гэри Ли Нельсон, US

(73) ЛеТУРНО Инк., US

(56) Патент США №4306156, кл. B60L 11/02, 1981

(54) Система электропитания и приведения в движение вездеходного транспортного средства

(57) Изложены усовершенствованные способ и устройство приведения в движение и управления работой больших дизель-электрических вездеходных транспортных средств типа, в котором ведущие колеса (144, 146) транспортного средства приводятся в движение и тормозятся электродвигателями постоянного тока колес (132, 134), снабжаемые энергией от бортового генератора (116), как вариант, дополняемого источником постоянного тока от внешних проводов. В описанной системе используются преобразователи (124, 126) тиристорного типа, включенные в систему сети (118) переменного тока, для приема дополнительного внешнего питания постоянного тока от контактных проводов и подачи его в сеть (118) распределения мощности переменного тока в режиме приведения в движение. Использование таких преобразователей (124, 126) тиристорного типа делает возможным использование дополнительного питания от контактных проводов без обеспечения отдельного переключающего или регулирующего редуктора для управления электродвигателями постоянного тока колес, когда принимается питание от контактных проводов. Преобразователи тиристорного типа также могут использоваться для подачи тока (генерируемого электродвигателями (132, 134) колес при торможении) в резисторы торможения (176), делая возможным использование первоначальной электрической энергии, генерируемой электродвигателями колес, чтобы компенсировать нагрузочные потребности дизельного двигателя (112), что приводит к существенной экономии топлива. 12 з.п., ф-лы, 3.

Изобретение относится к области машиностроения, а в частности к способу и устройству приведения в движение и торможения дизель-электрических транспортных средств. Такие транспортные средства включают в себя очень большие вездеходные самосвалы, имеющие грузоподъемность от 100 до 200 или более тонн. Они очень часто используются на открытых разработках месторождений, где приходится перемещать большие объемы земли, горных пород.

В настоящее время во многих транспортных средствах дизель-электрический привод используется в качестве источника питания для приведения в движение. Такие системы в типичном случае включают в себя дизель, являющийся приводом электрического генератора, выход которого используется для подачи электрической мощности на электрические двигатели постоянного тока высокой мощности, связанные через зубчатую передачу с группой ведущих колес на каждой стороне транспортного средства. В типичном случае электрическая мощность генерируется как переменный ток ("AC") и преобразуется в постоянный ток ("DC") для использования двигателями колес постоянного тока. Для регулирования мощности и числа оборотов этих двигателей разработано много схем управления, призванных обеспечить адекватный выход мощности, для приведения в движение транспортных средств. Поскольку для двигателей постоянного тока колес требуется напряжение, изменяющееся при возрастании скорости транспортного средства от нуля до максимума, и изменяющийся ток для управления выходом вращающегося момента, все управляющие схемы должны включать в себя средства для регулирования этих параметров.

Движущая сила должна подаваться, когда транспортные средства действуют на ровной или поднимающейся под углом поверхностях. При работе на спускающихся под углом поверхностях (уclонах) движущей силы не требуется; вместо этого должны быть предусмотрены средства для торможения движения вперед транспортных средств. Фрикционные тормоза не годятся для этой цели, поскольку они имеют тенденцию к быстрому износу из-за очень большой массы этих транспортных средств, особенно нагруженных. Хотя фрикционные и подобные тормозные системы устанавливают на транспортные средства в качестве основного останавливающего средства, в большинстве средств используются электрические двигатели колес постоянного тока, чтобы обеспечить постоянный тормозящий момент, требуемый при движении под уклон. Это осуществляется реверсированием тока возбуждения двигателя колеса или тока в обмотке ротора, что заставляет двигатели постоянного тока реверсировать (изменять на обратное) направление вращающегося момента и работать в качестве генераторов постоянного тока, приводимых в действие через редукторы ведущими колесами транспортного средства. Резистивные источники, называемые "резисторами торможения", используются для создания нагрузки так, чтобы ток, генерируемый двигателями постоянного тока, потреблялся резисторами и рассеивался в виде тепла в атмосфере. Количество потребляемого тока создает соответствующую нагрузку на двигатели постоянного тока колес, которая передается через редукторы на ведущие колеса в качестве тормозящего момента.

Даже при работе в режиме торможения необходимо в известных технических решениях транспортных средств, чтобы для первичных (основных) дизельных двигателей продолжалось генерирование значительной мощности для потребностей в мощности вспомогательного и паразитного характера на транспортном средстве, а именно для таких целей, как привод вентиляторов, питание гидравлических систем, генерирование тока возбуждения для двигателей колес, электропитание кондиционирования воздуха или нагревания и т.д. Кроме того, в случаях, когда в ненагруженном двигателе используется топливо для преодоления потерь из-за сжатия, трения и тому подобного. Такие вспомогательные и паразитные нагрузки и потери в двигателе приводят к существенному потреблению топлива двигателем, даже когда транспортное средство работает в режиме торможения, в котором генерируется и рассеивается в атмосфере существенное

количество мощности.

В некоторых известных транспортных средствах, таких как грузовой автомобиль Т-2000 ТИТАН (Marathon LeTourneau) предусмотрены средства для регенерации, по меньшей мере, части мощности постоянного тока, генерируемой электрическими двигателями постоянного тока колес при работе в режиме торможения, в систему питания переменного тока, так, чтобы снять всю или часть силовой нагрузки переменного тока на генератор переменного тока и управлять генератором как синхронным электродвигателем переменного тока, чтобы обеспечить питание двигателя и снять все или часть механических нагрузок на двигатель. Однако такие системы до этого не были способны подавать первую мощность, генерируемую электрическими приводными двигателями постоянного тока в систему переменного тока, или постоянно снабжать питанием систему переменного тока во время цикла торможения из-за рабочих характеристик тормозных резисторов и ограничений по напряжению и току двигателя. Следовательно, даже при наилучших существующих конструкциях, часто необходимо потребление топлива для питания паразитных и вспомогательных нагрузок, даже когда вся система рассеивает большое количество мощности в виде тепла от тормозных резисторов.

Из-за большой стоимости ископаемого топлива и из-за ограничений мощности двигателя, иногда желательна работа вездеходных транспортных средств и подобных транспортных средств на контактных системах, благодаря которым для питания электрических двигателей постоянного тока колес используется внешний источник электрической мощности, такой, как контактный провод. Поскольку источник питания контактного провода является фиксированным источником напряжения, должны применяться управляющие средства для регулирования напряжения и тока, требуемых электрическими двигателями постоянного тока колес. Контактная мощность часто доступна лишь в части района, в котором работают транспортные средства (например, контактная (троллейная) мощность может иметься в наличии на дорогах внутри или вне района разработки месторождения, но не на дне или другой части самого котлована). Следовательно, необходимо продолжать подавать электрическую мощность для транспортного средства с дизель-электрического бортового источника. Таким образом, транспортные средства могут приводиться в движение генерируемой на борту мощностью в районах, где отсутствует доступная мощность контактного провода, и переключаться на мощность контактного провода для других частей их цикла нагрузки. Это требует средств для приспособления как генерируемой на борту электрической мощности, так и к внешней мощности постоянного тока фиксированного напряжения от проводного троллея. Этот тип работы в типичном случае называется "троллейная помощь", поскольку мощность контактного провода для поддержки работы транспортного средства доступна лишь в определенных районах.

На существующих транспортных средствах, использующих помощь троллея, предусмотрены механические переключающие системы, так что двигатели колес постоянного тока транспортного средства отключаются от бортовой дизель-электрической системы транспортного средства и подключаются к ней с помощью средства управления дополнительным питанием, которое регулирует напряжение и ток питания от контактного провода на двигатели постоянного тока колес. Где питание от конкретного провода отсутствует, двигатели постоянного тока колес переключаются на бортовую дизель-электрическую систему. Это создает в работе выбор "один из двух/или" и налагает сильные ограничения на рабочие процедуры. Механическое переключающее устройство и устройство управления напряжением и током запасного источника, требуемые для работы с троллеем, также увеличивают капитальные затраты и стоимость технического обслуживания. Кроме того, при существующих системах троллейной помощи, даже когда транспортное средство работает с питанием от контактного провода, бортовой двигатель должен поддерживаться в рабочем состоянии, чтобы обеспечить питание для вспомогательных функций транспортного средства.

Известна система электропитания и приведения в движение вездеходного транспортного средства, содержащая генератор, кинематически связанный с двигателем внутреннего сгорания, внешний источник постоянного тока, распределительную сеть переменного тока, два электродвигателя, кинематически связанные с ведущими колесами, и контроллер.

Задачей изобретения является создание системы приведения в движение и торможения вездеходных транспортных средств, в которой первоначальная мощность, генерируемая в режиме торможения, может быть регенерирована в электрическую систему переменного тока, чтобы заменить нагрузку, которую в противном случае несет двигатель внутреннего сгорания, а также в которой, по существу, все потребности в мощности двигателя внутреннего сгорания и системы питания переменного тока удовлетворяются до того, как любая мощность, генерируемая в режиме торможения, рассеивается на тормозных резисторах, причем вспомогательное проводное питание при фиксированном напряжении может быть подано в систему для электроснабжения электрических двигателей постоянного тока колес без первого отключения двигателей от бортовой дизель-электрической системы, которая может использовать вспомогательное проводное питание в широком диапазоне фиксированных напряжений: от, по меньшей мере, приблизительно 1000 до, по меньшей мере, приблизительно 2000 вольт, в которой питание контактного провода может использоваться для питания двигателей постоянного тока колес транспортного средства в режиме приведения в движение, чтобы удовлетворить все другие потребности в электрической мощности для транспортного средства и для подачи питания на двигатель внутреннего сгорания, для снятия вспомогательных и паразитных нагрузок на двигатель так, чтобы, по существу, ликвидировать все потребности в топливе для двигателя в течение периода, когда действует питание контактного провода.

Поставленная задача решается так, что в систему электропитания и приведения в движение вездеходного транспортного средства, содержащую генератор, кинематически связанный с двигателем внутреннего сгорания, внешний источник постоянного тока, распределительную сеть переменного тока, два электродвигателя, кинематически связанные с ведущими колесами, и контроллер, введены регулятор напряжения, троллейно-токосъемный узел, тиристорные преобразователи токов возбуждения и роторных токов электродвигателей, тиристорный преобразователь троллейного тока, генератор выполнен в виде трехфазного генератора переменного тока, внешний источник питания - в виде троллейной линии, а электродвигатели - в виде электродвигателей постоянного тока с независимым возбуждением, причем выход генератора соединен с сетью переменного тока, регулятор напряжения включен в генератор, преобразователи токов возбуждения, роторных токов электродвигателей и троллейного тока с одной стороны подключены к сети переменного тока, а с другой стороны соответственно - к обмоткам возбуждения электродвигателей, роторным обмоткам последних, и троллейно-токосъемному узлу, выход контроллера соединен с сигнальным выходом преобразователя троллейного тока с возможностью приема сигнала о поступлении в данный преобразователь постоянного тока от троллейно-токосъемного узла, а выходы подключены к управляющим входам регулятора напряжения и всех преобразователей тока.

В систему введены датчики скорости токов возбуждения и роторных токов электродвигателей, контроллер снабжен дополнительными входами, соединенными с выходами указанных датчиков и дополнительным выходом, подключенным к управляющему входу преобразователя троллейного тока с возможностью обеспечения подачи данным преобразователем в сеть переменного тока электроэнергии, достаточной для функционирования преобразователей токов возбуждения и роторных токов электродвигателей, поддержания тягового режима электродвигателей и работы генератора в качестве синхронного двигателя с исключением нагрузки на двигатель внутреннего

сгорания.

Преобразователь троллейного тока выполнен в виде трехфазного управляемого тиристорного выпрямителя.

Тиристорный преобразователь роторных токов электродвигателей состоит из двух индивидуальных для электродвигателей преобразователей.

Тиристорный преобразователь токов возбуждения является общим для обоих электродвигателей преобразователем, к которому со стороны постоянного тока подключены последовательно обе обмотки возбуждения.

Тиристорный преобразователь роторных токов является общим для обоих электродвигателей преобразователем, к которому со стороны постоянного тока подключены последовательно обе роторные обмотки.

Тиристорный преобразователь токов возбуждения состоит из двух преобразователей, каждый из которых выполнен со встречно-параллельно включенными тиристорами и соединен с обмоткой возбуждения соответствующего электродвигателя.

Преобразователь троллейного тока является одновременно преобразователем тормозного тока, в систему введена тормозная нагрузка, подключенная к выводам постоянного тока преобразователя троллейного и тормозного тока, контроллер выполнен с возможностью выработки при торможении транспортного средства сигналов переключения преобразователей токов возбуждения и роторных токов электродвигателей в режим обратной трансформации электроэнергии в сеть переменного тока и к генератору для его работы в качестве синхронного двигателя, а преобразователь троллейного и тормозного токов - в режим обратной трансформации избыточной электроэнергии к тормозной нагрузке.

Тормозная нагрузка состоит из последовательно соединенных резисторов и диода, включенного в обратном направлении по отношению к полярности выходных выводов троллейно-токосъемного узла.

Резистор тормозной нагрузки состоит из множества расположенных в шахматном порядке резистивных элементов, снабженных теплоотводами.

Контроллер выполнен с возможностью выработки в режиме торможения транспортного средства сигналов переключения преобразователя токов возбуждения для подачи в обмотки возбуждения тока обратного направления.

Контроллер выполнен с возможностью выработки в режиме торможения транспортного средства при переключенном преобразователе токов возбуждения электродвигателей в режим трансформации электроэнергии в сеть переменного тока сигналов переключения преобразователя роторных токов электродвигателей для подачи к роторным обмоткам токов обратного направления.

Контроллер выполнен с возможностью управления преобразователем троллейного и тормозного токов для регулирования количества электроэнергии, передаваемой к тормозной нагрузке, и тормозного момента электродвигателей.

На фиг. 1 дана схематическая иллюстрация известной системы приведения в движение и торможения вездеходного транспортного средства; на фиг. 2, 3 - схематическая иллюстрация системы приведения в действие и торможения вездеходного транспортного средства в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 1 показана схематическая иллюстрация известной в данной области техники системы 10 приведения в действие и торможения вездеходного транспортного средства, такого, как грузовой автомобиль ТИТАН, модель Т-2000 (Marathon LeTourneau). В этой системе питаемый углеводородным топливом (предпочтительно дизельным) двигатель 12 подключен через соединение 14 к генератору 16. Генератором предпочтительно является трехфазный генератор переменного тока, по мощности сравнимый с двигателем 12 в технических требованиях системы. Генератор 16 приспособлен, когда приводится в действие двигателем 12, для подачи переменного тока при требуемом напряжении (предпочтительно 1000 вольт) в запитываемое переменным

током средство распределения, такое, как объединенная энергосистема переменного тока, представленная толстыми соединительными линиями 18. Система, иллюстрируемая на фиг. 1, полностью содержится на борту транспортного средства и приспособлена для работы в двух режимах: режиме приведения в движение, в котором она выдает крутящий момент на ведущие колеса транспортного средства, чтобы привести в движение транспортное средство с требуемой скоростью, и в режиме торможения, в котором она выдает тормозящий момент на ведущие колеса транспортного средства, чтобы замедлить движение транспортного средства на наклонной поверхности вниз.

Генератор 16 также приспособлен, когда система 10 работает в режиме торможения, для приема мощности переменного тока от объединенной электрической сети переменного тока 18, и для управления им как синхронным двигателем переменного тока, передающим вращающее усилие через соединение 14 обратно на двигатель 12.

Хотя это не иллюстрируется на чертежах, двигатель 12 вдобавок к подаче мощности для привода генератора 16 также должен подавать мощность для различных вспомогательных устройств, приводимых непосредственно от двигателя или запитываемых от электрической сети переменного тока, таких как нагрузки вентиляторов, водяные и топливные насосы, насосы гидравлической системы и тому подобное. Двигатель 12 также должен подавать мощность для преодоления внутренних нагрузок, создаваемых трением, сжатием топлива и тому подобным.

Электрически связан с электрической сетью 18 распределения переменного тока регулятор напряжения 20, который поддерживает контроль напряжения переменного тока в электрической сети распределения переменного тока посредством регулирования течения тока в обмотку возбуждения генератора в роторной части генератора 16 переменного тока, схематически представленной на фиг. 1 катушкой 22. Регулятор напряжения предпочтительно является трехфазным двухполупериодным управляемым преобразовательным блоком обычной конструкции.

Также электрически соединены с электрической сетью распределения переменного тока два тиристорных якорных преобразователя 24 и 26, которые преобразуют мощность переменного тока в мощность постоянного тока для подачи через линии 28 и 30 постоянного тока на пару электрических двигателей 32 и 34 постоянного тока колес. Двигатели 32 и 34, в свою очередь, передают движущий момент через ведущие валы 36, 38 и редукторы 40, 42 на ведущие колеса 44, 46 для приведения в движение транспортного средства. В типичном случае, один колесный двигатель приводит в движение колеса на одной стороне транспортного средства, а другой колесный двигатель приводит в движение колеса на другой стороне транспортного средства.

Якорные тиристорные преобразователи 24, 26 колесных двигателей предпочтительно представляют собой трехфазный, с полным управлением двухполупериодный тиристорный преобразовательный блок обычной конструкции для использования в системах привода двигателей постоянного тока. В таких тиристорных преобразователях переменное напряжение выпрямляется и управляется надлежащей подачей стробирующих импульсов на матрицу тиристоров. Они имеют возможность подавать мощность от источников переменного тока на нагрузку постоянного тока при способе неограниченного изменения от нуля до максимальных вольт постоянного тока, а если нагрузка постоянного тока становится источником, как это происходит, когда система 10 работает в режиме торможения, тиристорные преобразователи 24, 26 также имеют возможность регенерировать мощность обратно из линий постоянного тока в линии переменного тока. Наиболее предпочтительно, чтобы тиристорные якорные преобразователи 24, 26 были трехфазными двухполупериодными с управлением выпрямительного типа или "шестипульсными мостовыми преобразователями", использующими шесть транзисторов, закрепленных за тремя фазами переменного тока в мостовой конфигурации. Это тип двухквадрантного преобразователя, который выдает мощность в одном направлении и может принимать мощность обратно в

противоположном направлении. Эта функция преобразователей приема мощности от стороны постоянного тока и выдачи мощности в электрическую систему сети распределения мощности переменного тока далее называется "регенерацией" или "регенерированием".

Также электрически соединен с электрической сетью 18 распределения мощности переменного тока преобразователь 58 возбуждения двигателя, который преобразует мощность переменного тока в мощность постоянного тока для выдачи через электрические линии 60 постоянного тока на обмотки возбуждения двигателей 32, 34 постоянного тока колес. Эти обмотки возбуждения двигателей схематически показаны на фиг. 1 электрическими катушками 62, 64. Двигатель постоянного тока должен иметь как ток обмотки возбуждения, так и ток якоря (ротора), чтобы получить крутящий момент.

Преобразователь 58 возбуждения двигателя также является тиристорным преобразователем, хорошо известным специалистам в данной области техники. Предпочтительно двойной трехфазный однополупериодный управляемый выпрямитель, или двойной трехимпульсный преобразователь со средней точкой. Он использует три тиристора, закрепленных за тремя фазами переменного тока, чтобы обеспечить нагрузочный ток, возвращающийся в нейтраль в одном направлении, и три тиристора, закрепленных за тремя фазами в противоположном направлении, чтобы обеспечить ток нагрузки, возвращающийся в противоположном направлении. Поскольку каждый трехфазный сегмент может выдавать мощность в одном направлении и может принимать мощность обратно в противоположном направлении (регенерация), это также называют четырехквадрантным конвертером (преобразователем). Реверсирование тока через обмотку возбуждения двигателя реверсирует направление крутящего момента двигателя, позволяя всей системе двигателей работать в четырех квадрантах (приводить в движение и тормозить в переднем направлении и приводить в движение и тормозить в обратном направлении).

Также соединены со схемами постоянного тока, представленными линиями 28 и 30, два комплекта тормозных резисторов 48, 50 и пара тормозных диодов 52, 54. Тормозные резисторы - это множество каскадированных высокомощных электрических резисторов постоянного тока, способных рассеивать большое количество электрической энергии в виде тепла, когда система 10 работает в режиме торможения. Резисторы снабжены охлаждающими вентиляторами (не показаны), приводимыми в действие электрическим двигателем 56 постоянного тока. Единственный вентиляторный двигатель 56 может обеспечить мощность вентиляторов для охлаждения обоих комплектов тормозных резисторов 48, 50. Тормозные диоды служат для блокирования подачи мощности на тормозные резисторы, когда система работает в режиме приведения в движение.

Управление системой 10 выполняется контроллером 66, который соответственно подключен электрическими линиями 68, 70, 72 и 74 к регулятору 20 напряжения, преобразователю 58 обмотки возбуждения и якорным преобразователям 24, 26. Контроллер может быть любой подходящей конструкции. Он принимает от оператора транспортного средства входные команды скорости, выбора направления, команды приведения в движение или торможения, частоты вращения двигателя и мощности генератора. Также контроллер принимает сигналы обратной связи, представляющие напряжение двигателя, якорный ток, ток обмотки возбуждения двигателя, напряжение генератора, число оборотов двигателя (частоту переменного тока и частоту вращения электродвигателя). Дополнительные управляющие действия оператора, сигналы обратной связи и другие особенности управления, если требуются, могут быть учтены в контроллере при проектировании.

Как управляющая и вычисляющая часть системы, контроллер 66 обеспечивает логические, управляющие циклы и управляющие (стробирующие) импульсы для регулирования всех выходов преобразователей. Он состоит из матриц и комбинаций

пропорциональных, интегральных и дифференциальных (PID - пропорционально-интегральных-дифференциальных) регулирующих схем с преобразовательными функциями, описанными в теории обычных систем регулирования и обратной связи. Они могут быть выполнены схемами типа операционных усилителей (аналоговыми) или путем преобразования выражений, вычисляемых микропроцессорными схемами (цифровыми). Особый характер управляемой системы и требования тесной интеграции приводят к необходимости конструирования заказных схем вместо использования имеющихся стандартных компьютерных и управляющих систем. Предпочтительно, чтобы управляющая система базировалась на замкнутых циклах управления, благодаря чему отклик на заданный уровень подается назад в контроллер 66, чтобы стать частью процесса. Выходом всего цикла является отклик системы управления на скорость транспортного средства, заданную оператором транспортного средства. Внутри этого цикла находятся подциклы, которые управляют частотой вращения двигателя и напряжением генератора, и внутренние циклы, которые регулируют параметры напряжения и тока электродвигателя, определяющие крутящий момент и, следовательно, частоту вращения двигателя. Временные константы и преобразовательные функции циклов управления координируют для надлежащей синхронизации и реакции. Главным выходом контроллера 66 являются соответствующим образом синхронизированные стробирующие импульсы для различных тиристорных преобразователей, чтобы выработать требуемые ток и напряжение якоря, обмотки возбуждения и торможения преобразователя.

Описанная система 10 может использоваться или для приведения в движение, или для торможения вездеходного транспортного средства. При работе в режиме приведения в движение дизельный двигатель 12 используется для привода генератора 16 переменного тока. После начала работы генератора 16 напряжение переменного тока начинает возрастать, регулятор 20 напряжения поддерживает управление напряжением переменного тока посредством регулирования тока в обмотку возбуждения 22 генератора. Контроллер 66 воспринимает напряжение генератора и частоту, чтобы поддержать надлежащие уровни. Когда оператор транспортного средства задает скорость и направление транспортного средства, контроллер 66 выдает стробирующие импульсы на тиристоры преобразователя 58 обмотки возбуждения электродвигателя и преобразователи 24 и 26 якоря электродвигателя. Эти преобразователи затем выдают постоянный ток на электродвигатели 32, 34 постоянного тока колес и обмотки 62, 64 возбуждения электродвигателя. Контроллер 66 поддерживает надлежащий крутящий момент и частоту вращения электродвигателей 32, 34 посредством восприятия различных сигналов обратной связи, определяющих ток якоря, ток возбуждения, напряжения электродвигателя и частоты вращения электродвигателя, и посредством соответствующего регулирования тиристорных стробирований в преобразователях для поддержания надлежащих уровней. Когда включается режим торможения для замедления или остановка транспортного средства, преобразователь 58 возбуждения регенерирует существующую энергию возбуждения обратно в электрическую сеть 18 переменного тока и затем выдает ток возбуждения в противоположном направлении. Это изменяет направление крутящего момента на обратное, а также полярности напряжения на электродвигателях 32 и 34, которые затем работают как генераторы постоянного тока. Альтернативно, ток возбуждения может остаться неизменным, а ток якоря реверсироваться в каждом из электродвигателей 32, 34 колес, что также заставляет работать их как генераторы постоянного тока.

При негативном напряжении электродвигателя диоды 52, 54 имеют прямое смещение и постоянный ток, генерируемый электродвигателями 32, 34, течет через тормозные резисторы 48, 50, где электрическая энергия превращается в тепло. Вентиляторы (не показаны) предусмотрены для обдувания окружающим воздухом резисторов или теплообменных ребер или тому подобного, связанных с резисторами для

рассеивания генерируемого тепла. Вентиляторы приводятся в действие электродвигателем 56 вентилятора, электродвигателем постоянного тока с последовательным возбуждением, который подключен параллельно части тормозных резисторов, так, что большее охлаждающего воздуха автоматически подается на тормозные резисторы 48, 50.

Якорные преобразователи 24, 26 могут управляться так, что часть мощности постоянного тока, генерируемой электродвигателями колес, регенерируется назад в электрическую сеть распределения мощности переменного тока 18. Сумма мощности, выданной на тормозные резисторы 48, 50, и мощности, регенерированной в сеть переменного тока якорными преобразователями 24, 26, составляет общую нагрузку торможения, приложенную на ведущие колеса транспортного средства 44, 46 электродвигателями 32, 34. Мощность переменного тока, подаваемая на электрическую сеть распределения мощности переменного тока 18 от якорных (роторных) преобразователей 24, 26, может использоваться для замены мощности переменного тока, потребляемой преобразователем возбуждения 58 в создании токов возбуждения 62, 64 электродвигателя, регулятором 20 напряжения в создании возбуждения 22 генератора, и другими нагрузками по мощности переменного тока на систему. Дополнительно, генератор 16 переменного тока может управляться с целью работы, когда имеется достаточная мощность переменного тока от якорных преобразователей 24, 26, в качестве синхронного электродвигателя переменного тока, приводимого двигателем 12 через соединение 14 так, чтобы снять нагрузку,ложенную к двигателю вспомогательным оборудованием и паразитными нагрузками так, чтобы существенно уменьшить потребности в топливе для двигателя. Однако двигатель должен работать на холостом ходу при его рабочей частоте вращения, даже в условиях "отсутствия нагрузки", так, чтобы сохранить надлежащее напряжение и частоту генератора и быть готовым, в случае необходимости, к подаче питания в систему.

Уровень усилия торможения и распределения мощности, генерируемой двигателями 32, 34 колес, регулируются контроллером 66. Однако, имеются ограничения на распределение генерируемой мощности в процессе операции торможения, поскольку тормозные резисторы 48, 50 представляют собой множество каскадированных с постоянными значениями резисторов, а напряжение и ток, вырабатываемые электродвигателями 32, 34, ограничены ограничениями конструкции электродвигателей. Тормозное усилие, которое должно генерироваться механически как мощность в лошадиных силах в электродвигателях 32, 34 колес, является функцией, в электрическом смысле, напряжения умноженного на ток, а механически - функцией крутящего момента, умноженного на частоту вращения. Конструкция коллектора, обмотки электродвигателя и другие магнитные соображения ограничивают максимальное напряжение и величину тока, который может быть скоммутиирован (передан от щетки к коллектору) в электродвигателях. Увеличение частоты вращения электродвигателя также уменьшает допустимый ток, поэтому ограничения на ток и напряжение электродвигателя учитываются, когда значения комплектов каскадированных резисторов 48, 50 выбраны. Выбранные значения сопротивлений являются, по меньшей мере, компрессором, когда учитывается весь диапазон частот вращения электродвигателя. При максимальном напряжении электродвигателя резисторы 48, 50 определяют ток якоря, а конструкция электродвигателя определяет рабочую частоту вращения, которая может коммутировать ток. При этой рабочей скорости весь ток, генерируемый электродвигателями 32, 34 колес, должен течь через выбранные резисторы, чтобы получить максимальный тормозной эффект. Если максимальный тормозной эффект не требуется, то напряжение электродвигателя можно уменьшить, уменьшая ток через резисторы 48, 50, таким образом, позволяя некоторому току электродвигателя регенерироваться обратно в сеть 18 распределения переменного тока через якорные преобразователи 24, 26. Это означает большой ток и меньшую эффективность для одного и того же тормозного усилия, чем если бы напряжение могло поддерживаться при максимуме, а ток уменьшался. При

частотах вращения электродвигателей меньше, чем вышеупомянутая рабочая частота вращения, регенерация мощности в сеть питания переменного тока будет происходить, но только после того, как выбранные тормозные резисторы поглотят максимальную нагрузку при этом напряжении. Дополнительная регенерация снова может быть выполнена при более низких усилиях торможения посредством дополнительного снижения напряжения электродвигателя, но это означает большой ток и меньшую эффективность, чем когда электродвигатели удерживаются при максимальном напряжении. Также, когда регенерация происходит, необходимо позаботиться, чтобы не регенерировать больше энергии, чем сеть переменного тока может поглотить. Наоборот, если электродвигатели колес работают при частоте вращения больше выбранной, то ток должен быть уменьшен для лучшей коммутации электродвигателя. Напряжение необходимо уменьшить, чтобы уменьшить ток, что означает, что усилие торможения уменьшается пропорционально квадрату требуемого уменьшения тока, а не как линейная функция, которая будет в случае, когда напряжение будет поддерживаться на максимуме, и будет уменьшаться лишь ток.

В результате этих ограничений, дополнительный ток для подачи через преобразователи 24, 26 в сеть распределения переменного тока имеется лишь при определенных уровнях тормозного усилия. Иногда в двигателе 12 может потребляться дополнительное топливо с целью получения мощности двигателя на паразитные или вспомогательные нагрузки, а также приведения в действие генератора 16 переменного тока, даже если система работает в режиме торможения, и существенные количества электрического тока подаются на резисторы 48, 50 и рассеиваются в виде топлива. Было бы более эффективно, если бы при работе в режиме торможения, первая мощность, генерируемая электродвигателями 32, 34, могла подаваться непосредственно обратно в линию переменного тока через преобразователи, чтобы заменить нагрузки линии переменного тока и/или вспомогательные и паразитные нагрузки двигателя перед тем, как любая мощность рассеется на тормозных резисторах. Однако, это невозможно с любой существующей системой управления и питания транспортного средства из-за ограничений в работе системы, о которых было сказано выше.

На фиг. 2 показана улучшенная система 110 приведения в действие и торможения транспортного средства в соответствии с настоящим изобретением, которая позволяет первоначальную мощность, генерируемую в процессе цикла торможения рекуперировать (регенерировать) в сеть переменного тока, чтобы снять всю нагрузку на дизельный двигатель, перед тем, как какая-либо мощность будет сброшена на резисторы. В улучшенной системе 110 большинство компонентов те же самые или, по существу, те же самые, как и соответствующие части и компоненты, проиллюстрированные и описанные в связи с известной системой фиг. 1, и обозначены соответствующими номерами, перед которыми в каждом случае стоит "1". Таким образом, двигатель 112 в системе 110 соответствует дизельному двигателю 12 в известной системе 10, генератор переменного тока 116 соответствует генератору переменного тока 16 и т.д.

В системе 110 тормозные резисторы 48, 50 удалены из схем постоянного тока, связанных с электродвигателями 32, 34, и заменены тормозными резисторами 176, которые подобны по функциям и равны по мощности объединенным резисторам 48, 50 (фиг. 1). Резисторы 176 подключены поперек к схеме постоянного тока, представленной линиями сети электропитания 180, 182, которые, в свою очередь, электрически соединены с тормозным преобразователем 184. Тормозной преобразователь 184 соответствующим образом электрически соединен с сетью распределения мощности переменного тока 118 и, через линию 186 управления, с контроллером 166.

Тормозной преобразователь 184 также тиристорного типа, предпочтительно является трехфазным двухполупериодным управляемым выпрямителем, использующим шесть тиристоров, закрепленных за тремя фазами переменного тока в мостовой конфигурации, подобной по конструкции якорным (роторным) преобразователям 124,

126, но имеющей соответственно увеличенную мощность.

В режиме приведения в движение система 110 работает, по существу, таким же образом, как известная система 10 (фиг. 1). Мощность переменного тока, генерируемая в генераторе 116 переменного тока, приводимом в действие двигателем 112, подается через сеть 118 переменного тока на тиристорные якорные преобразователи 124, 126 для преобразования в мощность постоянного тока. Мощность подается на электродвигатели 132, 134 постоянного тока колес и передается через ведущие валы 136, 138 и редукторы 140, 142 на ведущие колеса 144, 146 транспортного средства. Во время режима приведения в движение тормозной преобразователь не активизируется, так что мощность на тормозные резисторы не выдается.

Когда режим торможения включен, преобразователь 158 возбуждения рекуперирует существующую энергию возбуждения обратно в сеть переменного тока и затем выдает ток возбуждения в противоположном направлении. Это изменяет на обратный крутящий момент электродвигателя, и электродвигатели постоянного тока 132, 134 колес будут работать как генераторы постоянного тока, приводимые в действие ведущими колесами 144, 146 транспортного средства. Альтернативно, вместо того, чтобы реверсировать ток возбуждения, якорный ток в электродвигателях 132, 134 мог бы реверсироваться посредством использования двойных якорных преобразователей вместо якорных преобразователей 124, 126. Якорные преобразователи 124, 126 стробируются так, что мощность рекуперируется в линию переменного тока. Величина генерируемой тормозной энергии регулируется контроллером 166, чтобы поддержать установленную скорость транспортного средства. Поскольку тормозные резисторы больше не присутствуют поперек схемы 128, 130 электродвигатели постоянного тока, вся мощность, генерируемая электродвигателями, рекуперируется через преобразователи тиристорного типа в сеть 118 распределения мощности переменного тока. Рекуперированная энергия используется, в первую очередь, для снабжения питанием любых других нагрузок линии переменного тока, таких как преобразователь 158 возбуждения и регулятор 120 напряжения. Это разгружает генератор 116 переменного тока и уменьшает потребление топлива двигателем 112. Когда дополнительно генерируемая мощность поступает от электродвигателей 132, 134 колес, мощность подается на генератор 116 переменного тока, заставляя его работать как синхронный электродвигатель переменного тока, приводимый в движение двигателем 112. Это полностью разгружает двигатель 112, поскольку имеется в наличии мощность от генератора 116 для удовлетворения всех вспомогательных и паразитных потребителей в питании для двигателя 112, уменьшая использование топлива, по существу, до нуля. В этот момент любая дополнительная мощность, генерируемая электродвигателями 132, 134 колес, будет подаваться через сеть 118 распределения переменного тока на тормозной преобразователь 184 для преобразования в мощность постоянного тока и потребления в тормозных резисторах 176. Как и на системе фиг. 1, двигатель 156 вентиляторов подает мощность для охлаждения вентиляторов (не показаны) для рассеивания генерируемого тепла в атмосферу.

Контроллер 166 воспринимает величину рекуперированной тормозной энергии, подаваемой в схему переменного тока, число оборотов двигателя в минуту и частоту и напряжение генератора переменного тока, также как и другие относящиеся к делу параметры ведущего электродвигателя так, чтобы надлежащим образом управлять всей работой системы. Присутствие тормозного преобразователя 184 тиристорного типа, соединенного с энергосистемой переменного тока, позволяет иметь неограниченно изменяемый сброс излишней тормозной энергии на тормозные резисторы 176. Поскольку якорные преобразователи 124, 126 позволяют рекуперировать всю энергию торможения, генерируемую электродвигателями 132, 134, в линию переменного тока, электродвигатели 132, 134 могут управляться при максимальных пределах напряжения и пределах тока по всему их диапазону частот вращения, обеспечивая максимально возможный крутящий момент и мощность в лошадиных силах для функции торможения. Это ликвидирует

ограничения в работе, налагаемые известными системами, имеющими каскадированные фиксированной мощностью тормозные резисторы, подключенные поперек (параллельно) к схемам ведущего электродвигателя постоянного тока.

Система 110 также адаптирована для приема и использования мощности электрической линии постоянного тока от источника, внешнего по отношению к транспортному средству, таких как, например, обычных воздушных двойных контактных проводов постоянного тока. Как показано тонкими линиями на фиг. 2, возможный блок 188 роликового токоприемника может быть добавлен к транспортному средству и включает в себя средство, такое, как пантограф или штанги троллея, схематически иллюстрируемые как 190, которые избирательно могут зацепляться с контактным проводом постоянного тока. Блок 188 роликового токоприемника также включает в себя средство для электрического соединения с полюсом постоянного тока тормозного преобразователя 184 через линии 180, 182 постоянного тока. Тормозные диоды 173 добавлены в линию с тормозными резисторами 176. Блок роликового токоприемника приспособлен для соединения при полярности напряжения, противоположной той, что обычно имеется на тормозных резисторах 176, так, что мощный диод 178 автоматически смещается в обратном направлении и изолирует тормозные резисторы 176, предотвращая подачу энергии контактного провода на резисторы.

В местах, где доступно питание от контактных проводов, средство 190 подключения к проводному питанию может быть включено оператором транспортного средства или соответствующим автоматическим средством, чтобы соединить систему 110 с питанием контактных проводов. Когда контроллер 166 ощущает, что блок 188 роликового токоприемника находится на линии, тиристоры в тормозном преобразователе 184 (теперь функционирующем в качестве комбинированного троллей (тормозного преобразователя) стробируются так, что мощность рекуперируется в сеть 118 распределения мощности переменного тока. Рекуперированная энергия используется для обеспечения всех потребностей в питании транспортного средства в режиме приведения в движение, включая потребности в мощности для ведущих электродвигателей 132, 134, преобразователя 158 возбуждения и регулятора 120 напряжения. Дополнительная мощность переменного тока от тормозного преобразователя 184 затем доступна для использования для привода генератора 116 переменного тока в качестве синхронного электродвигателя, чтобы снять все нагрузки на двигатель 112, уменьшая потребление двигателем топлива, по существу, до нуля. Контроллер 166 будет продолжать регулировать регулятор 120 напряжения для поддержки требуемого напряжения системы.

В системе 110 мощность может быть подана в сеть переменного питания одновременно от блока 118 роликового токоприемника через преобразователь 184 и от генератора 116 переменного тока, приводимого в действие двигателем 112. Следовательно, нет необходимости отсоединять или отключать бортовую дизель-электрическую систему генерации питания до соединения с внешним питанием от контактных проводов. Когда питание от контактных проводов становится доступным, оно автоматически заменит питание переменного тока от генератора переменного тока, чтобы уменьшить и, в конечном счете, снять нагрузку с двигателя 112 полностью. Наоборот, когда транспортное средство покидает район, где доступно питание от контактных проводов, средство 190 соединения с проводным питанием отцепится и подача мощности от блока роликового токоприемника в систему переменного тока прекратится. Контроллер 166 ощутит потерю питания от блока роликового токоприемника и автоматически подаст дополнительное топливо на двигатель 112, чтобы генерировать необходимую движущую силу через генератор 116 переменного тока. Все это выполняется без использования сложного механизма электрического переключения или отдельной управляющей системы для регулирования напряжения и тока с питанием от контактных проводов на ведущие электродвигатели 132, 134 постоянного тока.

При системе по фиг. 2 максимальное напряжение контактных проводов не должно

быть существенно больше, чем максимальное напряжение, обычно генерируемое в систему 118 распределения переменного тока генератором 116, для надлежащей работы тиристоров. В приблизительных величинах постоянное напряжение, действующее на каждый из электродвигателей постоянного тока 132, 134 колес со стороны роторных преобразователей 124, 126, является тем же самым, что и переменное напряжение. Для электродвигателей постоянного тока колес, сконструированных для работы при максимум, приблизительно, 1000 вольтах, система, показанная на фиг. 2, будет годна для использования с питанием от контактных проводов только до 1000 вольт. В мире существует ряд систем с троллейной помощью, которые используют питание от контактных проводов от 1000 до 1200 вольт постоянного тока, предусматриваемое в качестве дополнительного источника питания для дизель-электрических транспортных средств, работающих на крутых склонах открытых карьеров. Для таких систем движущая и тормозная система, в основном, как показанная на фиг. 2 и использующая ведущие электродвигатели на 1000 вольт, будет годна и будет иметь существенные преимущества по сравнению с известными системами.

Другие системы с троллейной помощью, однако, генерируют напряжение контактных проводов в диапазоне от 2000 до 2200 вольт и не годны для использования с транспортными средствами, имеющими электродвигатели постоянного тока колес на 1000 вольт, соединенные параллельно, как показано на фиг. 2. Следовательно, в альтернативном варианте осуществления изобретения предусмотрены устройство, и способ для приведения в движение и торможения вездеходных транспортных средств, которые могут использовать дополнительное питание от контактных проводов в широком диапазоне напряжений постоянного тока от около 1000 до около 2200 вольт.

Этот вариант осуществления, иллюстрируемый на фиг. 3, включает в себя систему 210, имеющую многие из тех компонентов, что имеет система 110, иллюстрируемая на фиг. 2. Соответствующие части и функции указаны соответствующей системой нумерации, в которой первая цифра каждого компонентного номера изменена с "1" на "2". Так, двигатель 212 на фиг. 3, по существу, тот же самый, что и двигатель внутреннего сгорания 112 на фиг. 2, генератор 216, по существу, тот же самый, что и генератор 116 переменного тока и т.д.

В системе 210 генератор 216 приспособлен для генерирования приблизительно 2000 вольт переменного тока, которые роторный преобразователь 224 тиристорного типа превращает в подобное напряжение постоянного тока для подачи на электродвигатели 232, 234 постоянного тока колес. Однако, поскольку ведущие электродвигатели 232, 234 соединены последовательно, на каждом будет лишь максимум 1000 вольт, что позволяет использовать обычные электродвигатели колес транспортного средства на 1000 вольт.

При такой конфигурации блок 228 роликового токоприемника может использовать проводной постоянный ток, приблизительно, от 2000 до 2200 вольт. Поскольку троллейно-тормозной преобразователь 284 будет рекуперировать любые более низкие напряжения постоянного тока, подаваемые от блока роликового токоприемника в сеть питания переменного тока при требуемом более высоком напряжении (например, 2000 вольт), система также может использоваться при существующем проводном питании постоянного тока в 1000 вольт без какого-либо изменения в системе приведения в движение и торможения транспортного средства.

При последовательно соединенных как ведущих электродвигателях 232, 234, так и обмотках 262, 264 возбуждения, каждый из электродвигателей 232, 234 будет выдавать, по существу, равный крутящий момент на ведущие колеса 244, 246 транспортного средства. В некоторых случаях, например, в условиях скользкой дороги, может быть желательно, чтобы ведущие колеса на одной стороне транспортного средства получали меньший крутящий момент, чем на другой, чтобы управлять скольжением колес. Если требуется, эта цель может быть выполнена посредством включения в систему 210 дополнительного преобразователя 292 тиристорного типа такой же конструкции, как и у преобразователя

258 возбуждения. Преобразователь 292 возбуждения может быть соответственно электрически включен, как это показано, в сеть распределения переменного тока и соединен с контроллером 266, например, управляющей линией 294. Добавочная линия 296 постоянного тока соединяет второй преобразователь 292 возбуждения со второй катушкой 264 обмотки возбуждения, причем каждая из катушек 262 и 264 обмоток возбуждения, как показано, раздельно заземлена. Контроллер 266 затем может использоваться для независимого управления токовыми возбуждениями электродвигателей 232 и 234, так, чтобы индивидуально регулировать крутящий момент приведения в движение и торможения, генерируемый каждым электродвигателем.

Работа и преимущества системы 210 приведения в движение и торможения, по существу, те же самые, которые описаны в системе 110, показанной на фиг. 2, за исключением того, что блок 288 роликового токоприемника автоматически может принимать напряжения контактных проводов от, около, 1000 до, около, 2200 вольт без необходимости переделки монтажной схемы переключения или другого изменения в системе. Генератор постоянного напряжения автоматически будет поддерживать требуемый уровень в 2000 вольт переменного тока с помощью действия регулятора напряжения 220. Генераторы более высокого переменного напряжения также могут быть встроены в систему, имеющую пропорционально более высокий диапазон напряжений контактных проводов.

Предыдущее изложение и описание является лишь иллюстративным, и в конфигурации, работе и управлении системы могут быть сделаны различные изменения, которые не выходят за область действия изобретения, описанного в прилагаемой формуле изобретения. Например, преобразователь тиристорного типа может использоваться для подачи питания в сеть распределения мощности переменного тока от внешнего проводного источника мощности постоянного тока вне зависимости от того, подается ли внешнее проводное питание через тормозные преобразователи, как иллюстрируется на фиг. 2 или 3, или через отдельный троллейный преобразователь, выделенный для блока роликового токоприемника. Таким образом, известные системы, такие как показано на фиг. 1, могут быть модифицированы, или модифицированы существующие транспортные средства, для использования троллейной помощи посредством добавления средства соединения с троллейным питанием, включаемым в себя распределения мощности переменного тока через преобразователи тиристорного типа. Преимущества в работе подачи питания от контактных проводов в сеть распределения переменного тока через преобразователь тиристорного типа будут получены вне зависимости от того, подключены ли тормозные резисторы к сети мощности переменного тока, как показано на фиг. 2 и 3, или к линиям электродвигателей постоянного тока, как иллюстрируется на фиг. 1. Кроме того, если на фиг. 1 известная система была модифицирована для приема мощности контактных проводов через преобразователь тиристорного типа при 2000 вольтах, ясно из предыдущего изложения настоящего изобретения, что электродвигатели 32, 34 колес в известной системе могут быть размещены последовательно, а другие компоненты так модифицированы, чтобы распределять приблизительно 2000 вольт питания переменного тока в сети 18 питания переменного тока. Такие все изменения и модификации в описанных системах, а также в других системах, считаются находящимися в области действия настоящего изобретения.

Формула изобретения

Система электропитания и приведения в движение вездеходного транспортного средства, содержащая генератор, кинематически связанный с двигателем внутреннего сгорания, внешний источник постоянного тока, распределительную сеть переменного тока, два электродвигателя, кинематически связанные с ведущими колесами, и контроллер, отличающийся тем, что в нее введены регулятор напряжения, троллейно-токосъемный узел, тиристорные преобразователи токов возбуждения и роторных токов

электродвигателей, тиристорный преобразователь троллейного тока, генератор выполнен в виде трехфазного генератора переменного тока, внешний источник питания - в виде троллейной линии, а электродвигатели - в виде электродвигателей постоянного тока с независимым возбуждением, причем выход генератора соединен с сетью переменного тока, регулятор напряжения включен в генератор, преобразователи токов возбуждения, роторных токов электродвигателей и троллейно-тормозного тока с одной стороны подключены к сети переменного тока, а с другой стороны - соответственно к обмоткам возбуждения электродвигателей, роторным обмоткам последних и троллейно-токосъемному узлу, вход контроллера соединен с сигнальным выходом преобразователя троллейного тока с возможностью приема сигнала о поступлении в данный преобразователь постоянного тока от троллейно-токосъемного узла, а выходы подключены к управляющим входам регулятора напряжения и всех преобразователей тока.

2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что в нее введены датчики скорости токов возбуждения и роторных токов электродвигателей, а контроллер снабжен дополнительными входами, соединенными с выходами указанных датчиков и дополнительным выходом, подключенным к управляющему входу преобразователя троллейного тока с возможностью обеспечения подачи данным преобразователем в сеть переменного тока электроэнергии, достаточной для функционирования преобразователей токов возбуждения и роторных токов электродвигателей, поддержания тягового режима электродвигателей и работы генератора в качестве синхронного двигателя с исключением нагрузки на двигатель внутреннего сгорания.

3. Система по п. 1, отличающаяся тем, что преобразователь троллейного тока выполнен в виде трехфазного управляемого тиристорного выпрямителя.

4. Система по п. 1, отличающаяся тем, что тиристорный преобразователь роторных токов электродвигателей состоит из двух индивидуальных для электродвигателей преобразователей.

5. Система по п. 4, отличающаяся тем, что тиристорный преобразователь токов возбуждения является общим для обоих электродвигателей преобразователем, к которому со стороны постоянного тока подключены последовательно обе обмотки возбуждения.

6. Система по п. 1, отличающаяся тем, что тиристорный преобразователь роторных токов является общим для обоих электродвигателей преобразователем, к которому со стороны постоянного тока подключены последовательно обе роторные обмотки.

7. Система по п. 6, отличающаяся тем, что тиристорный преобразователь токов возбуждения состоит из двух преобразователей, каждый из которых выполнен со встречно-параллельно включенными тиристорами и соединен с обмоткой возбуждения соответствующего электродвигателя.

8. Система по п. 1, отличающаяся тем, что преобразователь троллейного тока является одновременно преобразователем тормозного тока, к выводам постоянного тока преобразователя троллейного и тормозного токов подключена тормозная нагрузка, а контроллер выполнен с возможностью выработки при торможении транспортного средства сигналов переключения преобразователей токов возбуждения и роторных токов электродвигателей в режим обратной трансформации электроэнергии в сеть переменного тока и к генератору для его работы в качестве синхронного двигателя, а преобразователь троллейного и тормозного токов - в режим обратной трансформации избыточной электроэнергии к тормозной нагрузке.

9. Система по п. 8, отличающаяся тем, что тормозная нагрузка состоит из последовательно соединенных резистора и диода, включенного в обратном направлении по отношению к полярности выходных выводов троллейно-токосъемного узла.

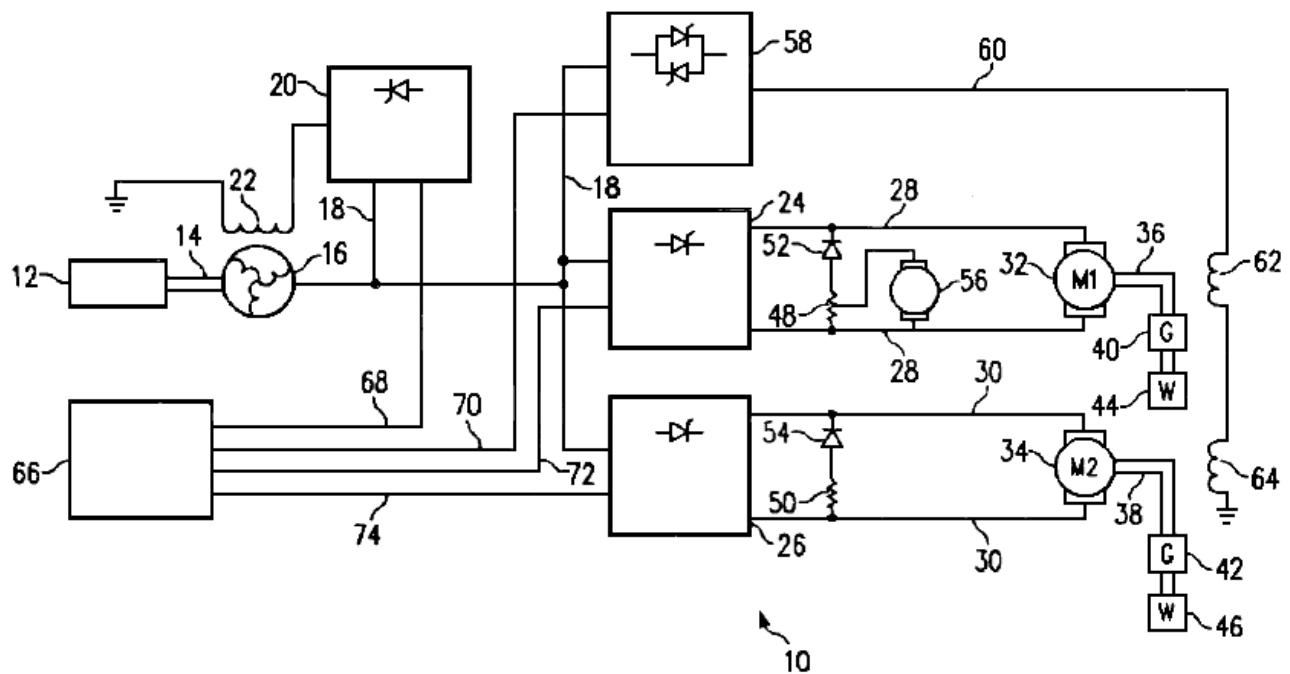
10. Система по п. 9, отличающаяся тем, что резистор тормозной нагрузки состоит из множества расположенных в шахматном порядке резистивных элементов,

снабженных теплоотводами.

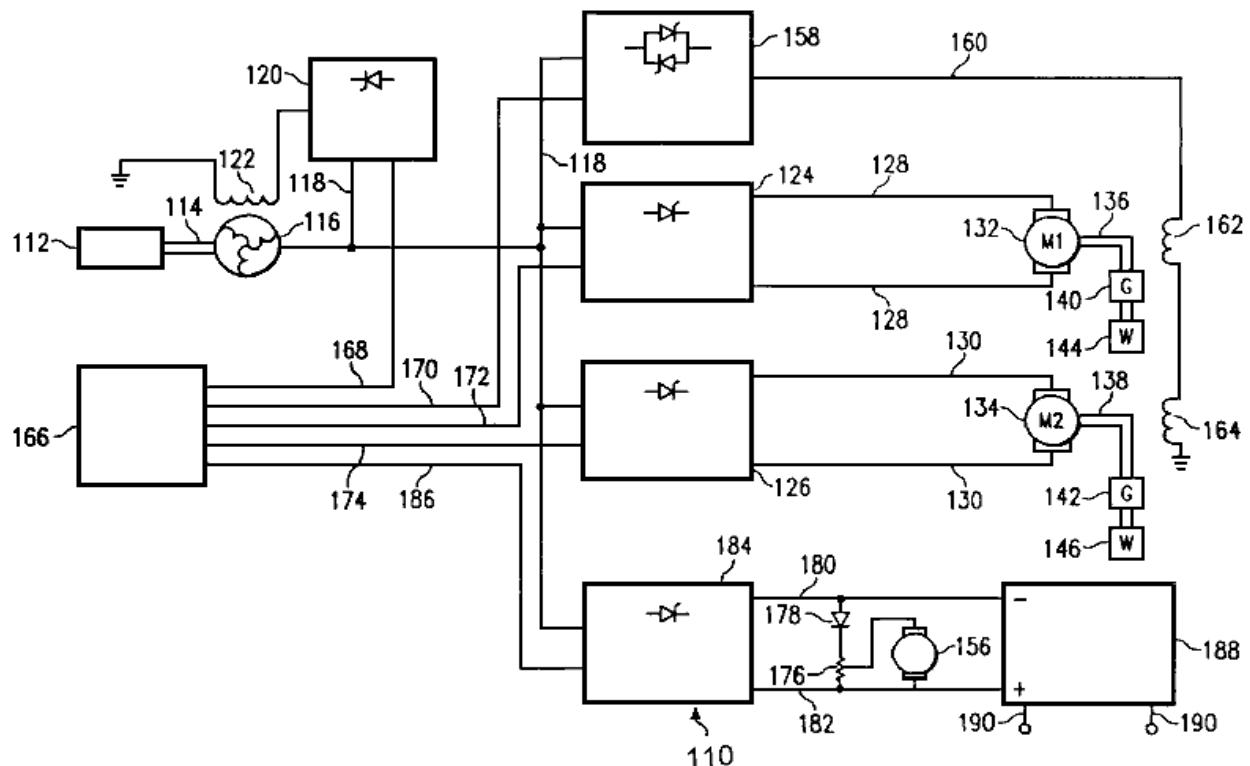
11. Система по п. 8, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью выработки в режиме торможения транспортного средства сигналов переключения преобразователя токов возбуждения для передачи в обмотки возбуждения тока обратного направления.

12. Система по п. 8, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью выработки в режиме торможения транспортного средства при переключенном преобразователе токов возбуждения электродвигателей в режим трансформации электроэнергии в сеть переменного тока сигналов переключения преобразователя роторных токов электродвигателей для передачи к роторным обмоткам токов обратного направления.

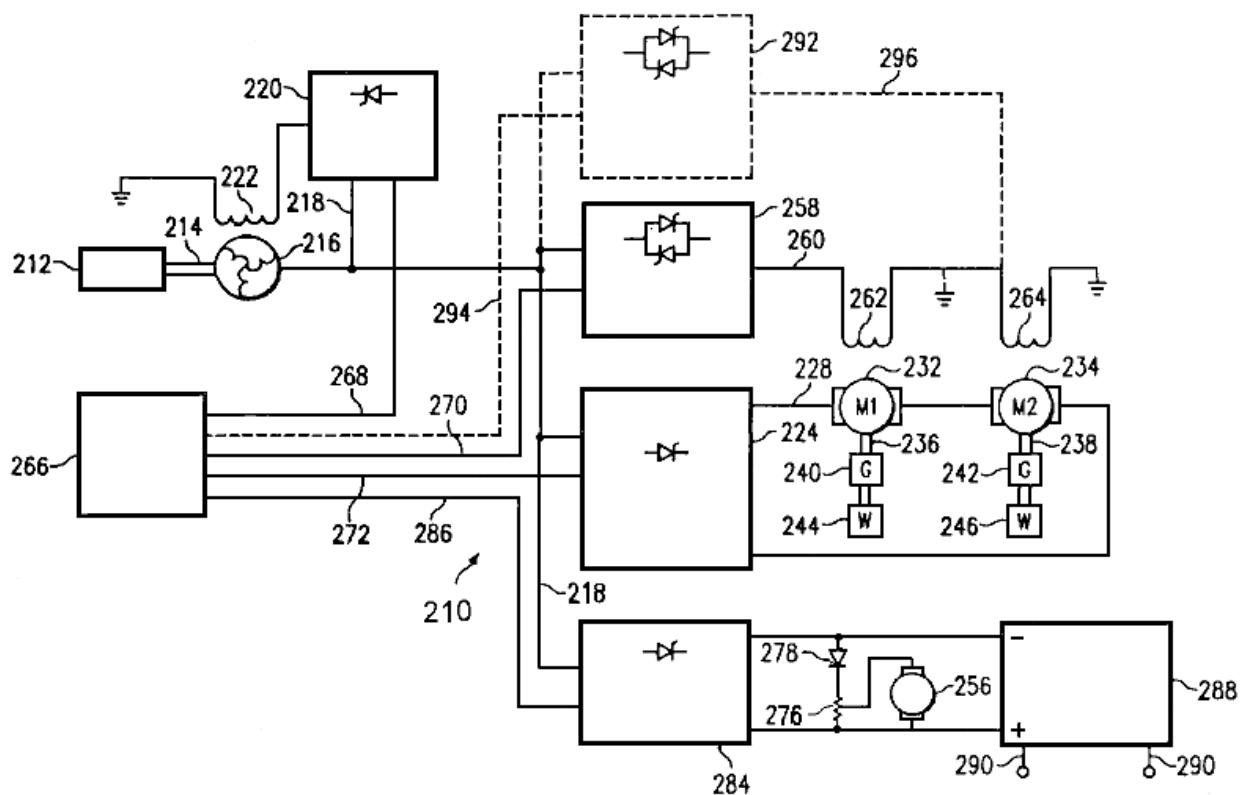
13. Система по п. 8, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью управления преобразователем троллейного и тормозного токов для регулирования количества электроэнергии, передаваемой к тормозной нагрузке, и тормозного момента электродвигателей.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Ответственный за выпуск

Ногай С.А.

Кыргызпатент, 720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41, факс: (312) 68 17 03