

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 040006

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.08

(51) Int. Cl. *F02N 11/00* (2006.01)
F02N 11/08 (2006.01)

(21) Номер заявки
202090026

(22) Дата подачи заявки
2020.01.10

(54) СИСТЕМА СТАРТЕРА ДЛЯ ЛОКОМОТИВА

(31) 16/249,781

(32) 2019.01.16

(33) US

(43) 2020.07.31

(56) WO-A1-2013101419
US-A1-20080264374
EP-A1-2647830
FR-A1-2630273
DE-A1-102008004381

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТРАНСПОРТЕЙШН АЙПИ
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)

(72) Изобретатель:
Банерджи Сагар (IN), Верма Раджив Р.
(US)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)

(57) Предлагаются способы и системы для системы стартерных электродвигателей для запуска двигателя локомотива. В одном примере система стартерных электродвигателей содержит аккумуляторную батарею, два электродвигателя, включенных последовательно, два главных контактора, два вспомогательных контактора и два контактора соленоидов. Каждый из двух стартерных электродвигателей может быть одновременно запитан для проворачивания вала двигателя в тандеме, после того как ведущие шестерни обоих электродвигателей соединяются с зубчатым венцом двигателя.

040006 B1

040006 B1

040006

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Формы осуществления изобретения относятся к системам стартерных электродвигателей для двигателей.

Предпосылки создания изобретения

Узлы стартерных электродвигателей используются для запуска двигателей транспортных средств, таких как двигатели в локомотивах и других транспортных средствах большой грузоподъемности. Обычный узел стартерных электродвигателей для локомотива может, в общем, содержать множество электродвигателей (например, два электродвигателя) для запуска одного двигателя. Узел может дополнительно содержать соленоид и приводной механизм, соединенные с каждым электродвигателем. Электродвигатели стартера приводятся в действие, когда пользователь замыкает выключатель зажигания на транспортном средстве и подает питание на соответствующие соленоиды. В частности, питание подается на втягивающую катушку соленоида. Подача питания на соленоид также вводит шестерню приводного механизма, соединенного с каждым электродвигателем стартера, в зацепление с зубчатым венцом двигателя. Ввод электродвигателя в зацепление вызывает замыкание электрических контактов, в результате чего на электродвигатели подается полная мощность. После этого электродвигатель прикладывает крутящий момент к соответствующей шестерне, что, в свою очередь, приводит к вращению зубчатого венца, тем самым к проворачиванию вала двигателя транспортного средства.

Тем не менее, может быть затруднительно для шестерни каждого электродвигателя узла электродвигателя входить в зацепление с зубчатым венцом двигателя в один и тот же момент. Например, может быть разница во времени 0,25 с или больше. В результате может возникнуть состояние, когда электрический контакт для одного электродвигателя замыкается раньше другого. Эта асинхронная подача питания может привести к приложению более высокого напряжения к втягивающей катушке одного соленоида относительно другого. Избыточное напряжение может повредить витки втягивающей катушки. Это может иметь особо большое значение при применениях в локомотивах, где напряжение аккумуляторной батареи повышенное (например, 64 В). Кроме того, если электрический контакт для одного из электродвигателей залипает и не входит в контакт, повышенное напряжение, появляющееся на другом электродвигателе, может привести к превышению нормальной частоты вращения электродвигателя.

Сущность изобретения

Предлагаются способы и системы для обеспечения возможности синхронной подачи питания на электродвигатели стартера, используемого для запуска двигателя локомотива. В одной форме осуществления изобретения цепь стартера двигателя локомотива содержит аккумуляторную батарею; узел первого стартерного электродвигателя, содержащий первый электродвигатель, первую шестерню и первый соленоид с первой втягивающей катушкой и первой удерживающей катушкой; первая втягивающая катушка включена последовательно с первым электродвигателем, так что ток первого электродвигателя ограничивается, когда первая втягивающая катушка получает питание; узел второго стартерного электродвигателя, содержащий второй электродвигатель, вторую шестерню и второй соленоид со второй втягивающей катушкой и второй удерживающей катушкой; вторая втягивающая катушка включена последовательно со вторым электродвигателем, так что ток второго электродвигателя ограничивается, когда вторая втягивающая катушка получает питание; узел второго стартерного электродвигателя включен последовательно с узлом первого стартерного электродвигателя; первый главный контактор и второй главный контактор, которые электрически последовательно соединяют аккумуляторную батарею с первым электродвигателем и вторым электродвигателем, соответственно; первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор, которые электрически соединяют аккумуляторную батарею последовательно с первой втягивающей катушкой и второй втягивающей катушкой соответственно; первый вспомогательный контактор включен параллельно первому главному контактору; второй вспомогательный контактор включен параллельно второму главному контактору; и контактор первого соленоида и контактор второго соленоида, которые включены последовательно друг с другом и параллельно узлам первого и второго стартерных электродвигателей.

В одной форме осуществления изобретения система стартерных электродвигателей для двигателя локомотива содержит два стартерного электродвигателя, которые соединяются с высоковольтной аккумуляторной батареей в электрической цепи стартера через соответствующие главные контакторы. Каждый электродвигатель может содержать ведущую шестерню, которая механически сцепляется с зубчатым венцом двигателя при подаче питания на втягивающую (Pull-in, PI) катушку, тем самым вводя электродвигатель в зацепление с двигателем. Затем электродвигатель удерживается в зацеплении посредством подачи питания на удерживающую (Hold-In, HI) катушку цепи стартера. Замыкание выключателя управления вспомогательными контакторами вручную или с помощью контроллера с хранящимися в нем командами приводит к подаче питания на катушку вспомогательных контакторов для каждого электродвигателя, что замыкает соответствующий контактор, и обеспечивает подачу питания на PI и HI катушки соответствующего электродвигателя. Подача питания приводит к зацеплению шестерни электродвигателя с зубчатым венцом двигателя. Ввод в зацепление электродвигателя приводит к замыканию контактора соленоида, соединенного с электродвигателем. Однако из-за последовательного включения контакторов соленоидов напряжение аккумуляторной батареи может одновременно подаваться на оба

электродвигателя только когда оба электродвигателя введены в зацепление, и оба контактора соленоидов замкнуты. Другими словами, если один электродвигатель входит в зацепление раньше другого, что приводит к замыканию соответствующего контактора соленоида, электрическая цепь, соединяющая оба электродвигателя с напряжением аккумуляторной батареи, остается разомкнутой. Таким образом, напряжение аккумуляторной батареи может подаваться на оба электродвигателя одновременно. Благодаря разрешению подачи питания на электродвигатели путем замыкания цепи только после вхождения в зацепление обоих электродвигателей, возможность подачи высокого напряжения аккумуляторной батареи на PI катушку только одного из электродвигателей предотвращается, даже если питание на электродвигатели подается асинхронно. Следовательно, предотвращаются перегревание PI катушки из-за приложения избыточного напряжения и превышение частоты вращения одного из электродвигателей системы стартерных электродвигателей. Это улучшает характеристики запуска двигателя локомотива.

Следует понимать, что приведенное выше описание сущности изобретения дано для того, чтобы в упрощенной форме предоставить выбор концепций, которые далее рассмотрены в подробном описании. Оно не предназначено для выявления ключевых или основных признаков заявленного объекта изобретения, объем которого однозначно определяется формулой изобретения, которая следует за подробным описанием. Кроме того, заявленный объект изобретения не ограничивается реализациями, которые устраняют любые недостатки, отмеченные выше или в любой части данного описания.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение будет более понятно из последующего описания неограничивающих форм его осуществления со ссылкой на приложенные чертежи, на которых

на фиг. 1 показан пример осуществления дизель-электрического локомотива;

на фиг. 2 показан пример схемы электрической структуры системы стартерных электродвигателей для запуска двигателя локомотива;

на фиг. 3А-3Е показан пример последовательности положений контакторных выключателей, которые могут быть реализованы для электрической цепи системы стартерных электродвигателей во время запуска двигателя;

на фиг. 4 показана блок-схема высокого уровня для запуска двигателя локомотива узлом стартерного электродвигателя посредством ряда контакторов в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 5 показан пример временной диаграммы запуска двигателя локомотива с использованием узла стартерного электродвигателя.

Подробное описание

На фиг. 1 показана блок-схема примера системы 100 локомотивного транспортного средства (в дальнейшем именуемого "локомотив 100"), сконфигурированного для езды по пути 104. Как изображено в данном документе, в одном примере локомотив представляет собой дизель-электрическое транспортное средство, работающее на дизельном двигателе 106, расположенном в основном машинном помещении 102. Однако в других вариантах осуществления локомотива 100 могут использоваться конфигурации других двигателей, таких как, например, бензиновый двигатель или биодизельный двигатель или двигатель на природном газе. Экипаж локомотива и электронные компоненты, участвующие в контроле и управлении системами локомотива, могут быть размещены в кабине 103 локомотива.

Дизельный двигатель создает крутящий момент, который передается на генератор 108 переменного тока по приводному валу (не показанному). Развиваемый крутящий момент используется генератором 108 переменного тока для выработки электроэнергии для последующего продвижения транспортного средства. Двигатель 106 локомотива может работать с постоянной частотой вращения, тем самым генерируя постоянную отдаваемую мощность. Понятно, что двигатель локомотива также может работать с переменной частотой вращения и переменной мощностью в зависимости от требований эксплуатации. Например, в одной форме осуществления изобретения двигатель 106 может быть сконфигурирован для вырабатывания мощности до 4400 л.с. (3282 кВт). Вырабатываемая таким образом электрическая мощность может упоминаться как мощность первичного двигателя. Электрическая мощность может передаваться по электрической шине 109 на различные последующие электрические компоненты. В зависимости от характера вырабатываемой электрической мощности электрическая шина может быть шиной постоянного тока (Direct Current, (DC) (как показано) или шиной переменного тока (Alternating Current, AC)). Вспомогательные генераторы переменного тока, генерирующие меньшие значения мощности (вспомогательной мощности) для вспомогательных компонентов, таких как оборудование кондиционирования, отопления и т.п., могут быть дополнительно предусмотрены в других вариантах осуществления локомотива 100. Вспомогательная мощность может передаваться по вспомогательной шине. В ином случае общая электрическая шина может использоваться для мощности первичного двигателя и вспомогательной мощности.

Генератор 108 переменного тока может быть последовательно подключен к одному или нескольким выпрямителям, которые преобразуют электрическую мощность генератора переменного тока в электрическую мощность постоянного тока перед передачей по шине 109 постоянного тока. На основе конфигурации последующего электрического компонента, получающего энергию от шины постоянного тока, может использоваться инвертор для преобразования электроэнергии постоянного тока в электроэнергию

переменного тока. Один инвертор ПО может подавать электроэнергию переменного тока от электрической шины постоянного тока на множество компонентов. Альтернативно, каждый из множества различных инверторов может подавать электроэнергию на отдельный компонент. Понятно, что в других формах осуществления локомотив может содержать один или несколько инверторов, подключенных к переключателю, которым можно управлять, чтобы избирательно подавать электроэнергию на разные компоненты, подключенные к переключателю.

Тяговый электродвигатель 112, установленный на тележке 111 ниже основного машинного помещения 102, может получать электроэнергию от генератора 108 переменного тока через шину 109 постоянного тока, чтобы обеспечивать силу тяги для движения локомотива. Как описано здесь, тяговый электродвигатель 112 может быть электродвигателем переменного тока. Соответственно, инвертор в паре с тяговым электродвигателем может преобразовывать подводимую мощность постоянного тока в соответствующую подводимую мощность переменного тока, такую как подводимая мощность трехфазного переменного тока, для последующего использования тяговым электродвигателем. В других формах осуществления тяговый электродвигатель 112 может быть электродвигателем постоянного тока, непосредственно использующим производимую мощность генератора переменного тока после выпрямления и передачи по шине постоянного тока. Один пример конфигурации локомотива содержит одну пару инвертор-тяговый электродвигатель на колесную ось 114. Как изображено здесь, шесть пар инвертор-тяговый электродвигатель показаны для каждой из шести колесных пар локомотива. В других формах осуществления локомотив 100 может быть сконфигурирован, например, с четырьмя парами инвертор-тяговый электродвигатель.

Тяговый электродвигатель 112 также может быть выполнен с возможностью действовать в качестве генератора, обеспечивающего реостатное торможение для торможения локомотива 100. В частности, во время реостатного торможения тяговый электродвигатель может создавать крутящий момент в направлении, противоположном направлению вращения, тем самым генерируя электроэнергию, которое рассеивается как тепло блоком тормозных резисторов 126, подключенных к электрической шине. В одном примере блок содержит пакеты резистивных элементов, подключенных последовательно непосредственно к электрической шине. Пакеты резистивных элементов могут быть расположены вблизи потолка основного машинного помещения 102, чтобы способствовать воздушному охлаждению и отводу тепла от блока.

Пневматические тормоза (не показанные), использующие сжатый воздух, могут использоваться локомотивом 100 как часть тормозной системы транспортного средства. Сжатый воздух может создаваться из всасываемого воздуха компрессором 116.

Множество устройств воздушоснабжения и воздушного охлаждения с приводом от электрической машины могут работать для поддержания температурного режима компонентов локомотива. Устройства воздушоснабжения и воздушного охлаждения могут включать, но не ограничиваются ими, воздуходувки и нагнетатели, радиаторы и вентиляторы. Каждое устройство воздушоснабжения и воздушного охлаждения может быть соединено с электрической машиной, такой как электродвигатель, который, когда он включен, может преобразовывать подводимую электроэнергию во вращательное движение устройства воздушоснабжения и воздушного охлаждения, создавая тем самым через него активный поток воздуха. Как показано здесь, воздуходувки и нагнетатели 118 могут быть предусмотрены для принудительного воздушного охлаждения ряда электрических компонентов. Воздуходувки и нагнетатели 118 могут включать вентилятор тягового двигателя, который продувает холодный воздух над тяговым двигателем 112 во время периодов тяжелой работы с целью регулирования температуры тягового двигателя; нагнетательный вентилятор генератора переменного тока для подачи воздуха для охлаждения генератора 108 переменного тока и нагнетательный вентилятор для подачи воздуха для охлаждения блока тормозных резисторов 126.

Температура двигателя частично поддерживается радиатором 124. Вода может циркулировать вокруг двигателя 106, чтобы поглощать избыточное тепло и удерживать температуру в требуемом диапазоне для эффективной работы двигателя. Нагретая вода может затем проходить через радиатор 124, в котором воздух, нагнетаемый с помощью вентилятора радиатора, охлаждает нагретую воду. Поток воздуха через вентилятор радиатора может дополнительно регулироваться с помощью жалюзи 122, вентиляционных отверстий (не показанных), воздуховодов (не показанных) или их комбинации. Вентилятор радиатора может быть расположен в горизонтальной конфигурации рядом с задним потолком локомотива 100, так что при вращении лопастей воздух может всасываться снизу и выпускаться. Электродвигатель вентилятора радиатора может быть сконфигурирован для получения электрической энергии от шины 109 постоянного тока посредством специального инвертора. Система охлаждения, содержащая охлаждающую жидкость на водной основе, может дополнительно использоваться в сочетании с радиатором 124 для обеспечения дополнительного охлаждения двигателя.

Устройство 120 накопления электрической энергии системы, изображенное в этом примере как аккумуляторная батарея (также называемая "аккумуляторная батарея 120 системы"), также может быть соединена с шиной 109 постоянного тока. Преобразователь постоянного тока в постоянный ток (не показанный) может быть скомпонован между шиной 109 постоянного тока и аккумуляторной батареей 120,

чтобы обеспечить возможность надлежащего понижения высокого напряжения шины постоянного тока (например, в диапазоне 1000 В) для использования аккумуляторной батареи (например, в диапазоне 12-75 В). В случае гибридного локомотива бортовое устройство накопления электрической энергии может быть в форме высоковольтных аккумуляторных батарей, так что размещение промежуточного преобразователя постоянного тока в постоянный (DC-DC) может не потребоваться. Аккумуляторная батарея может заряжаться при работающем двигателе 106. Электрическая энергия, накопленная в аккумуляторной батарее, может использоваться в режиме ожидания работы двигателя или при выключенном двигателе для работы различных электронных компонентов, таких как освещение, бортовые системы мониторинга, микропроцессоры, дисплеи процессоров, климат-контроль и тому подобное. Аккумуляторная батарея 120 может использоваться также для обеспечения начального заряда для запуска двигателя 106 из режима остановки. В других формах осуществления устройство 120 накопления электрической энергии может быть, например, суперконденсатором.

Двигатель 106 может запускаться посредством узла 136 стартерных электродвигателей, содержащего множество стартерных электродвигателей. В изображенном примере два электродвигателя 130a, 130b стартера включены последовательно. Каждый из электродвигателей 130a, 130b стартера имеет соответствующую шестерню 132a, 132b, которая может входить в зацепление с зубчатым венцом 134 двигателя так, чтобы вводить в зацепление электродвигатели. Как показано на фиг. 2 и 3A-3E, ряд контакторных выключателей может быть встроен в узел 136 стартерных электродвигателей, чтобы обеспечить подачу питания на электродвигатели только после их вхождения в зацепление с двигателем. Это уменьшает возможность повреждения какой-либо шестерни от приложения избыточного напряжения в результате асинхронной подачи питания на электродвигатели.

На фиг. 2 показан пример схемы электрической структуры системы 200 стартерных электродвигателей для запуска двигателя локомотива. Система 200 стартерных электродвигателей содержит аккумуляторную батарею или блок 280 аккумуляторов транспортного средства, узел 205 первого стартерного электродвигателя, узел 255 второго стартерного электродвигателя, соединительный кабель 280, первый электромагнитный выключатель 206 и второй электромагнитный выключатель 256. Узел 205 первого стартерного электродвигателя и узел 255 второго стартерного электродвигателя могут быть стартерными электродвигателями 130a, 10b на фиг. 1. Аккумуляторная батарея 280 может быть аккумуляторной батареей 64 В, имеющей положительную клемму и отрицательную клемму.

Узел 205 первого электродвигателя содержит первую клемму 229 аккумуляторной батареи, клемму 228 первого соленоида и первую клемму 208 заземления. Узел 255 второго электродвигателя содержит вторую клемму 269 аккумуляторной батареи, клемму 268 второго соленоида и вторую клемму 258 заземления. Положительная клемма аккумуляторной батареи 280 может быть соединена с каждой из клеммы 228 первого соленоида узла 205 первого электродвигателя через первый вспомогательный контактор 234 и клеммы 235 электродвигателя узла 205 первого электродвигателя через первый главный контактор 232. Отрицательная клемма аккумуляторной батареи 280 может быть последовательно соединена с резистором 282. Резистор 282 может быть соединен с каждой из клеммы 268 второго соленоида узла 255 второго электродвигателя через второй вспомогательный контактор 244 и клеммы 285 второго электродвигателя узла 255 второго электродвигателя через второй главный контактор 242. Первая клемма 229 аккумуляторной батареи узла 205 первого электродвигателя может быть соединена со второй клеммой 269 аккумуляторной батареи узла 255 второго электродвигателя через каждую из катушки 242 первого главного контактора и катушки 244 второго главного контактора.

Соединительный кабель 280 может соединять первую клемму 208 заземления узла 205 первого электродвигателя со второй клеммой 258 заземления узла 255 второго электродвигателя. Таким образом, соединительный кабель 280 может соединять узел 205 первого электродвигателя с узлом второго 255 электродвигателя в последовательном соединении. Соединительный кабель 280 может представлять собой медный провод или любой проводник с относительно низкими потерями.

Узел 205 первого электродвигателя может содержать первый электродвигатель 202, в то время как узел 255 второго электродвигателя может содержать второй электродвигатель 252. Два электродвигателя 202 и 252 могут быть соединены последовательно через резистор 282. В этом примере каждый из двух электродвигателей 202 и 252 может быть электродвигателем 24 В. Путем использования резистора 282 два электродвигателя 24 В могут быть соединены последовательно с аккумуляторной батареей 64 В без дополнительных преобразователей. В другом примере каждый из двух электродвигателей 202 и 252 может быть электродвигателем 32 В, и каждый из электродвигателей может быть напрямую подключен к аккумуляторной батарее 280 на 64 В без резистора 282. В еще одном примере может использоваться отдельный преобразователь постоянного тока в постоянный (DC-DC), чтобы снизить напряжение 64 В от аккумуляторной батареи до 48 В, а затем подать напряжение 48 В на два последовательно соединенных электродвигателя 24 В (без необходимости в резисторе 282).

Узел 205 первого стартерного электродвигателя содержит втягивающую (PI) катушку 214, удерживающую (HI) катушку 212 и контактор соленоида, содержащий неподвижные контакты 218 и контакт 216 втяжного сердечника, установленный на втяжном сердечнике 215. PI катушка 214, HI катушка 212 и контакты 218, 216 обычно находятся на узлах соленоидов для стартерного электродвигателя и могут

быть выполнены во множестве форм осуществления.

Первая клемма 229 аккумуляторной батареи узла 205 первого стартерного электродвигателя может быть соединена с первым из двух неподвижных контактов 218. Клемма 228 первого соленоида ведет к узловой точке РІ катушки 214 и НІ катушки 212, а также к концу НІ катушки 212, удаленному от РІ катушки 214. Первая клемма 208 заземления может быть соединена с первым электродвигателем 202 и с соединительным кабелем 280.

Узел 255 второго стартерного электродвигателя, в общем, содержит те же внутренние компоненты и клеммы, что и узел 205 первого стартерного электродвигателя. Узел 255 второго стартерного электродвигателя содержит втягивающую (РІ) катушку 217, удерживающую (НІ) катушку 272 и контактор соленоида, содержащий неподвижные контакты 278 и контакт 276 втяжного сердечника, установленный на втяжном сердечнике 225.

Вторая клемма 269 аккумуляторной батареи узла 255 второго стартерного электродвигателя может быть соединена с первым из двух неподвижных контактов 278. Клемма 268 второго соленоида ведет к узловой точке РІ катушки 274 и НІ катушки 272, а также к концу НІ катушки 272, удаленному от РІ катушки 274. Вторая клемма 258 заземления может быть соединена со вторым электродвигателем 252 и с соединительным кабелем 280.

Во время начала проворачивания вала двигателя стартерными электродвигателями шестерни каждого из двух стартерных электродвигателей могут одновременно входить в зацепление с зубчатым венцом двигателя. Однако в одном сценарии шестерня любого одного электродвигателя может войти в зацепление с зубчатым венцом двигателя до входа в зацепление другого электродвигателя. Другими словами, может возникнуть задержка между входами в зацепление двух электродвигателей с двигателем. Это может привести к более высокому напряжению при протекании тока через РІ катушку того стартерного электродвигателя, который вошел в зацепление первым (так как сопротивление РІ катушки намного больше, чем сопротивления электродвигателей). В системе с аккумуляторной батареей 64 В более высокое напряжение при протекании тока через РІ катушку может привести к ухудшению параметров этой РІ катушки. Чтобы решить эту проблему, первая клемма 229 аккумуляторной батареи может быть соединена со второй клеммой 269 аккумуляторной батареи через дополнительную пару контакторов, а именно катушку 242 первого главного контактора и катушку 244 второго главного контактора. Катушка 242 первого главного контактора и катушка 244 второго главного контактора могут находиться под током для одновременного обхода РІ катушек обоих узлов стартерных электродвигателей. Катушка 242 первого главного контактора и катушка 244 второго главного контактора могут получать питание только после подтверждения того, что оба электродвигателя вошли в зацепление с зубчатым венцом двигателя. Таким образом, за счет использования дополнительной пары контакторов для обхода РІ катушек обоих стартерных электродвигателей исключается возможность направления высокого напряжения аккумуляторной батареи 280 на 64 В на РІ катушку только одного из электродвигателей. Кроме того, обмотки РІ катушек, используемых в узле с двумя электродвигателями, возможно, не потребуется изменять, чтобы учесть сценарий, в котором через катушки может течь ток увеличенной величины.

Аккумуляторная батарея 280 может иметь заземление средней точки, а не заземление отрицательного или положительного полюса. Следовательно, электродвигатели могут быть подключены в обратном порядке, например, в следующем порядке: обмотка якоря (Armature Winding, AA) первого электродвигателя 202 - обмотка возбуждения (Field Winding, FF) первого электродвигателя 202 - заземление электродвигателя к корпусу (GND) первого электродвигателя 202 - заземление GND второго электродвигателя 252 - FF второго электродвигателя 252 - AA второго электродвигателя 252. Эта последовательность соединений приводит к заземлению средней точки для электродвигателей, которое поддерживает баланс в схеме. Таким образом, заземления корпусов электродвигателей может сохраняться отдельно от аккумуляторной батареи 280. Поскольку направление тока в обмотках AA и FF для каждого отдельного электродвигателя остается одинаковым, крутящий момент, создаваемый в каждом электродвигателе, будет в одном и том же направлении.

Первый электромагнитный выключатель 206 соединен с узлом 205 первого стартерного электродвигателя; первый электромагнитный выключатель 206 содержит узел соленоида, содержащий катушку 222, втяжной сердечник 230, контакт 224 втяжного сердечника, неподвижные контакты 226 и диод 238. Первый электромагнитный выключатель 206 содержит также четыре клеммы, включая клемму аккумуляторной батареи, клемму соленоида, клемму 213 выключателя и клемму 239 заземления. Клемма соленоида первого электромагнитного выключателя 206 может подключаться к клемме 228 первого соленоида, в то время как клемма аккумуляторной батареи первого электромагнитного выключателя 206 может быть соединена с первой клеммой 229 аккумуляторной батареи. В одном примере выключателем 284 управления может управлять машинист транспортного средства. После замыкания выключателя 284 управления катушка 286 вспомогательных контакторов 1, 2 может получать питание, что запускает механизм подачи питания на электродвигатели 202 и 252 во время проворачивания вала двигателя. На фиг. 3А-3Е показан пример последовательности событий, которые могут происходить в электрической схеме системы 200 стартерных электродвигателей во время проворачивания вала двигателя.

Второй электромагнитный выключатель 256 может содержать те же внутренние компоненты и

клеммы, что и первый электромагнитный выключатель 206. Второй электромагнитный выключатель 256 соединен с узлом 255 второго стартерного электродвигателя, причем второй электромагнитный выключатель 256 содержит узел соленоида, включающий в себя катушку 262, втяжной сердечник 270, контакт 264 втяжного сердечника, неподвижные контакты 266 и диод 268. Второй электромагнитный выключатель 256 содержит также четыре клеммы, включая клемму аккумуляторной батареи, клемму соленоида, клемму 253 выключателя и клемму 269 заземления. Клемма соленоида второго электромагнитного выключателя 256 может быть подключена к клемме 268 второго соленоида, в то время как клемма аккумуляторной батареи второго электромагнитного выключателя 256 может быть подключена ко второй клемме 269 аккумуляторной батареи. С помощью вспомогательных контакторов 234 и 244 электромагнитные выключатели могут быть обойдены, и клеммы 213 и 253 выключателя могут быть не подключены к выключателю 284 управления в транспортном средстве. Работа системы с двумя электродвигателями стартера подробно описана на фиг. 3А-3Е и фиг. 4.

На фиг. 3А-3Е показана последовательность этапов, обеспечивающих запуск двигателя локомотива с использованием системы стартерных электродвигателей, содержащей два последовательно включенных электродвигателя. На фиг. 3А показано первое состояние 300 электрической структуры системы 301 стартерных электродвигателей для запуска двигателя локомотива. Система 301 стартерных электродвигателей может быть системой 200 стартерных электродвигателей на фиг. 2. Компоненты, описанные на фиг. 2, нумеруются аналогично и не вводятся повторно. В этой схеме внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи изображено как R_{batt_int} 281, которое включено последовательно с резистором 282.

Когда двигатель не запускается системой 301 стартерных электродвигателей, все контакторы электрической цепи системы 301 стартерных электродвигателей могут оставаться разомкнутыми. Это включает в себя поддержание каждого из выключателя 284 управления, вспомогательных контакторов 234, 244, главных контакторов 232, 242 и контакторов 352, 356 соленоидов для каждого из двух стартерных электродвигателей в разомкнутом состоянии. В этой конфигурации ток не может течь ни через один из электродвигателей 202 и 252. Шестерни электродвигателей 202 и 252 могут не находиться в зацеплении с зубчатым венцом двигателя.

На фиг. 3В показано второе состояние 310 электрической структуры системы 301 стартерных электродвигателей для запуска двигателя. Второе состояние может быть инициировано из первого состояния после подтверждения того, что был получен запрос на запуск двигателя посредством системы стартерных электродвигателей. В одном примере запрос на запуск двигателя локомотива может быть сделан машинистом, когда выключатель зажигания замыкается, например, путем вставления ключа или нажатия на кнопку.

В одном примере выключатель 284 управления может замыкаться вручную. В другом примере выключатель управления может замыкаться электронным способом. Контроллер системы двигателя локомотива может посылать сигнал в исполнительный механизм, соединенный с выключателем 284 управления, для замыкания выключателя. Как только выключатель управления 284 замкнут, цепь, соединяющая вспомогательную катушку 286 с аккумуляторной батареей 280 на 64 В, может быть замкнута. Когда ток протекает через вспомогательную катушку 286, эта катушка 286 вспомогательного контактора может быть возбуждена.

На фиг. 3С показано третье состояние 320 электрической структуры системы 301 стартерных электродвигателей для запуска двигателя. После подачи питания на вспомогательную катушку 286 каждый из первого вспомогательного контактора 234 и второго вспомогательного контактора 244 может быть замкнут. Как только первый вспомогательный контактор 234 замкнут, электрический ток может протекать через клемму 228 первого соленоида. Ток может протекать через каждую из первой РІ катушки 214 и первой НІ катушки 212. Аналогично, когда второй вспомогательный контактор 244 замкнут, электрический ток может протекать через клемму 268 второго соленоида, и ток может протекать через каждую из второй РІ катушки 274 и НІ второй катушки 271. В других формах осуществления первый вспомогательный контактор 234 и второй вспомогательный контактор 244 могут быть выполнены как электромагнитные выключатели или реле.

Ток, протекающий через РІ катушки 214 и 274, может быть направлен также в электродвигатели 202 и 252 в качестве тока плавного пуска. Амплитуда этого тока плавного пуска может быть обратно пропорциональна сопротивлениям РІ катушек 214 и 274, тем самым ограничивая крутящий момент, прикладываемый к шестерням электродвигателей 202 и 252. В этот момент работа электродвигателей 202 и 252 может быть независимой друг от друга.

Ток, протекающий через РІ катушки 214 и 274, создает электромагнитное поле, которое заставляет втяжные сердечники (такие как втяжные сердечники 215 и 225 на фиг. 2) перемещаться к их соответствующим неподвижным контактам (таким как неподвижные контакты 218 и 278 на фиг. 2) и замыкать неподвижные контакты. После замыкания неподвижных контактов шестерни каждого электродвигателя 202 и 252 могут быть введены в зацепление (сцеплены) с зубчатым венцом двигателя. Крутящий момент, приложенный к шестерням электродвигателя (от тока плавного пуска), может способствовать вводу шестерен в зацепление с зубчатым венцом маховика двигателя. Как только шестерни двух электродвигателей войдут в зацепление с зубчатым венцом, ток, протекающий через НІ катушки, может удерживать

соответствующие зацепления на месте.

На фиг. 3D показано четвертое состояние 330 электрической структуры системы 301 стартерных электродвигателей для запуска двигателя. После зацепления зубчатых колес обоих электродвигателей 202 и 252 с зубчатым венцом двигателя контактор 352 первого соленоида и контактор 356 второго соленоида могут быть замкнуты. В одном примере контактор 352 первого соленоида и контактор 356 второго соленоида могут замыкаться одновременно. В другом примере из-за конструктивных различий в механических компонентах соленоидов и втяжных сердечников один контактор соленоида может замыкаться раньше другого контактора соленоида. Как только контакторы 352 и 356 соленоидов замкнуты, цепь для катушки 242 первого главного контактора и катушки 242 второго главного контактора замыкается.

На фиг. 3E показано четвертое состояние 340 электрической структуры системы 301 стартерных электродвигателей для запуска двигателя. Когда цепь для катушки 242 первого главного контактора и катушки 242 второго главного контактора замыкается, катушка 242 первого главного контактора и катушка 244 второго главного контактора могут получить питание. Благодаря подаче питания на катушки главных контакторов первый главный контактор 232 и второй главный контактор 242 могут замкнуться, тем самым замыкая электрическую цепь и одновременно запитывая оба электродвигателя 202 и 252.

Путем добавления дополнительной пары контакторов (главных контакторов 232 и 242) можно предотвратить ухудшение параметров одной или обеих PI катушек 214, 274 из-за избыточного тока, протекающего через PI катушку. Например, во время зацепления шестерен электродвигателей с зубчатым венцом двигателя, если один электродвигатель (скажем, первый электродвигатель 202) входит в зацепление раньше другого электродвигателя (например, второго электродвигателя 252), контактор 352 первого соленоида для первого электродвигателя 202 может замкнуться до замыкания контактора 356 второго соленоида. Поскольку сопротивление PI катушки больше, чем сопротивление электродвигателя, замыкание контактора 352 первого соленоида может вызвать появление большей части напряжения аккумуляторной батареи 64 В на первой PI катушке 214, тем самым повреждая витки PI катушки. Однако в этой схеме главные контакторы могут обходить PI катушки, тем самым защищая PI катушки от более высокого напряжения. При замыкании главных контакторов только после того, как оба электродвигателя вошли в зацепление с двигателем, полное напряжение аккумуляторной батареи может одновременно подаваться на оба электродвигателя.

Таким образом, компоненты на фиг. 1-2 делают возможной систему стартерных электродвигателей, содержащую двигатель локомотива, содержащий зубчатый венец, аккумуляторную батарею и цепь стартера, содержащую первый и второй стартерные электродвигатели, включенные последовательно друг с другом и аккумуляторной батареей вдоль основного контура цепи стартера через первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор; первую втягивающую катушку, включенную последовательно между первым электродвигателем и аккумуляторной батареей через первый вспомогательный контактор, и вторую втягивающую катушку, включенную последовательно между вторым электродвигателем и аккумуляторной батареей через второй вспомогательный контактор, и выключатели первого и второго соленоидов, последовательно соединенных друг с другом и с первым и вторым электродвигателем вдоль внешнего контура, параллельного основному контуру.

Обратимся теперь к фиг. 4, на которой описан пример способа 400 для работы электрической цепи стартерного электродвигателя, чтобы обеспечить запуск двигателя локомотива. Команды для осуществления способа 400 могут выполняться контроллером на основе команд, хранящихся в памяти контроллера, и в сочетании с сигналами, принимаемыми от датчиков системы транспортного средства. Контроллер может использовать исполнительные механизмы системы транспортного средства, такие как электрические контакторы электрической цепи на фиг. 2-3E, чтобы настроить работу двигателя, в соответствии со способами, описанными ниже. Понятно, что хотя способ по фиг. 4 описан со ссылкой на электрическую схему для двух стартерных электродвигателей, запускающих данный двигатель локомотива, такой же подход может быть аналогичным образом расширен для системы запуска двигателя, имеющей более двух стартерных электродвигателей для проворачивания вала двигателя локомотива.

На этапе 402 способ включает в себя подтверждение режима запуска двигателя. В одном примере запуск двигателя подтверждается в ответ на запрос машиниста локомотива на запуск двигателя посредством вставления ключа зажигания, нажатия кнопки запуска или изменения положения органа управления топливоподачей в локомотиве. Если запуск двигателя не подтверждается, то на этапе 404 все контакторы электрической цепи запуска двигателя могут оставаться разомкнутыми. Это включает поддержание каждого из вспомогательных контакторов, главных контакторов и контакторов соленоидов для каждого из двух стартерных электродвигателей в разомкнутом состоянии.

Если режим запуска двигателя подтверждается, то на этапе 406 способ включает замыкание выключателя управления вспомогательными контакторами электрической цепи системы стартера двигателя. В одном примере выключатель управления может замыкаться вручную. В другом примере выключатель управления может замыкаться электронным образом посредством командных сигналов, передаваемых в исполнительный механизм от контроллера двигателя транспортного средства. Выключатель вспомогательных контакторов может электрически соединять первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор друг с другом, и замыкание выключателя вспомогательных контакторов может

избирательно подавать питание на каждый из замыкаемых первого и второго вспомогательного контакторов. Замыкание выключателя управления вспомогательными контакторами электрически подключает катушку вспомогательных контакторов к аккумуляторной батарее системы стартера. Прохождение электрической энергии от аккумуляторной батареи через катушку вспомогательных контакторов вызывает возбуждение катушки. Возбуждение катушки вспомогательных контакторов, в свою очередь, автоматически замыкает первый вспомогательный контактор, соединенный с первым электродвигателем системы стартера, и второй вспомогательный контактор, соединенный со вторым электродвигателем системы стартера. Другими словами, возбуждение одной катушки (катушки вспомогательных контакторов) приводит к замыканию обоих вспомогательных контакторов.

Замыкание первого вспомогательного контактора электрически соединяет первую втягивающую катушку и первую удерживающую катушку первого электродвигателя с аккумуляторной батареей системы стартера. Аналогично, замыкание второго вспомогательного контактора электрически соединяет вторую втягивающую катушку и вторую удерживающую катушку второго электродвигателя с аккумуляторной батареей системы стартерных электродвигателей. На этапе 408 прохождение электрической энергии от аккумуляторной батареи через каждую из первой втягивающей катушки, второй втягивающей катушки, первой удерживающей катушки, второй удерживающей катушки вызывает возбуждение каждой из катушек.

Электрическая энергия, протекающая через две РІ катушки, может создавать магнитные поля, которые могут приводить к перемещению втяжных сердечников, связанных с каждой из двух РІ катушек, в направлении их соответствующих неподвижных контактов и замыканию неподвижных контактов. Таким образом, подача питания на первую втягивающую катушку может перемещать первую шестерню в осевом направлении к зубчатому венцу двигателя, и при этом подача питания на вторую втягивающую катушку перемещает вторую шестерню в осевом направлении к зубчатому венцу двигателя. Как только неподвижные контакты замыкаются, шестерня каждого из двух электродвигателей может войти в зацепление с зубчатым венцом, соединенным с маховиком двигателя.

Ток, протекающий через каждую из первой РІ катушки и второй РІ катушки, также может быть направлен в электродвигатели в виде тока плавного пуска. Этот ток плавного пуска создает крутящий момент, который облегчает вход шестерен в зацепление с зубчатым венцом двигателя. Как только шестерни электродвигателя входят в зацепление с зубчатым венцом двигателя, ток, протекающий через НІ катушку двигателя, может удерживать зацепление на месте. Таким образом, обе НІ катушки могут поддерживать зацепления двух электродвигателей с маховиком двигателя.

На этапе 410 определяется, вошли ли электродвигатели в зацепление. В одном примере электродвигатели могут входить в зацепление одновременно. В другом примере электродвигатели могут входить в зацепление асинхронно из-за задержек, возникающих при вхождении шестерни электродвигателя в зацепление с зубчатым венцом двигателя. В то время как электродвигатель выведен из зацепления или частично вошел в зацепление, на этапе 412, контактор соленоида, соединенный с этим электродвигателем, остается разомкнутым. На этапе 414 вхождение электродвигателя в зацепление с двигателем приводит к замыканию соответствующего контактора соленоида.

На этапе 416 определяется, были ли замкнуты оба из контактора первого соленоида, соединенного с первым электродвигателем, и контактора второго соленоида, соединенного со вторым электродвигателем. В одном примере контакторы соленоидов могут замыкаться одновременно. В другом примере контакторы соленоидов могут замыкаться асинхронно из-за различий между отдельными электродвигателями, катушками соленоидов и механическими втяжными сердечниками, связанными с катушками соленоидов цепи. Из-за специфического соединения контакторов соленоидов последовательно, пока оба контактора соленоидов не будут замкнуты, ни один из контакторов соленоидов не будет электрически соединен с аккумуляторной батареей системы стартера. Следовательно, на этапе 418 до тех пор, пока оба контактора соленоидов не будут замкнуты, цепь для соответствующих главных контакторов, соединяющих электродвигатели с аккумуляторной батареей системы, остается разомкнутой, и ни один из электродвигателей не запитывается.

На этапе 420 после того, как оба контактора соленоидов замыкаются, цепь для катушки первого главного контактора, соединяющего первый электродвигатель с аккумуляторной батареей системы, и катушки второго главного контактора, соединяющего второй электродвигатель с аккумуляторной батареей системы, замыкается, замыкая цепь и позволяя подать питание на катушки соответствующих главных контакторов. Одновременная подача питания на катушки приводит к одновременному замыканию соответствующих главных контакторов. Первый и второй контакторы соленоидов, когда они замкнуты, электрически последовательно соединены с первым и вторым главными контакторами. В это время все контакторы электрической цепи замкнуты, включая главные, вспомогательные контакторы и контакторы соленоидов для обоих электродвигателей. На этапе 422 из-за одновременного замыкания главных контакторов первый и второй электродвигатели получают питание одновременно. Оба электродвигателя затем могут работать в тандеме для проворачивания вала двигателя.

Таким образом, используя дополнительный набор контакторов, можно избежать прохождения избыточного тока через одну РІ катушку до вхождения в зацепление обоих электродвигателей, тем самым

уменьшая вероятность повреждения РІ катушки. Кроме того, поскольку электродвигатели включаются после подтверждения того, что оба электродвигателя вошли в зацепление, можно избежать превышения частоты вращения одного электродвигателя, вызванного избыточным током, протекающим через этот электродвигатель. Если есть разница во времени между вхождением в зацепление двух электродвигателей, и электродвигатель, который раньше вошел в зацепление, запитывается раньше запитывания второго электродвигателя, то может возникнуть нежелательный звук из-за того, что двигатель запускается одним электродвигателем, в то время как другой электродвигатель находится в зацеплении с зубчатым венцом двигателя.

При одновременном запитывании двух электродвигателей может быть предотвращен нежелательный шум, вызванный проворачиванием вала двигателя одним электродвигателем. Это улучшает общие характеристики запуска двигателя локомотива.

На этапе 424 определяется, завершен ли запуск двигателя. Например, может определяться, является ли частота вращения двигателя выше пороговой частоты вращения, например выше 400 об/мин, или выше частоты вращения на холостом ходу. Если частота вращения двигателя не превышает пороговую частоту вращения, то на этапе 426 все контакторы остаются замкнутыми. Как только частота вращения двигателя превысит пороговую частоту вращения, и запуск будет завершен, двигатель может возобновить получение топлива и зажигания искрой, и после этого вращение двигателя может поддерживаться с использованием крутящего момента, создаваемого посредством сгорания смеси в цилиндрах. В это время электродвигатели стартера могут быть отсоединены от двигателя, так что электродвигатель может не разогнаться из-за возрастания частоты вращения двигателя.

Отсоединение электродвигателей от аккумуляторной батареи после запуска двигателя включает в себя на этапе 428 размыкание выключателя управления вспомогательными контакторами электрической цепи системы стартера двигателя. В одном примере контроллер двигателя может посылать сигнал на исполнительный элемент выключателя управления для размыкания выключателя. Размыкание выключателя управления вспомогательными контакторами электрически отсоединяет катушку вспомогательных контакторов от аккумуляторной батареи системы стартера, тем самым отключая питание катушки вспомогательных контакторов. Отключение питания катушки вспомогательных контакторов, в свою очередь, может автоматически размыкать каждый из первого вспомогательного контактора, соединенного с первым электродвигателем системы стартера, и второго вспомогательного контактора, соединенного со вторым электродвигателем системы стартера.

Размыкание первого вспомогательного контактора электрически отсоединяет первую стягивающую катушку и первую удерживающую катушку первого электродвигателя от аккумуляторной батареи системы стартера. Аналогично, размыкание второго вспомогательного контактора электрически отсоединяет вторую РІ катушку и вторую НІ катушку второго электродвигателя от аккумуляторной батареи системы стартера. На этапе 430 размыкание цепей для РІ катушек и НІ катушек прекращает протекание электрического тока от аккумуляторной батареи через каждую из первой РІ катушки, второй РІ катушки, первой НІ катушки, второй НІ катушки, вызывая обесточивание каждой из катушек. Обесточивание РІ катушек и НІ катушек заставляет втяжные сердечники отсоединиться от неподвижных контактов, тем самым выводя из зацепления с зубчатым венцом двигателя шестерни каждого из двух электродвигателей.

На этапе 432 выведение электродвигателей из зацепления с двигателем приводит к размыканию соответствующих контакторов соленоидов. На этапе 434, когда оба контактора соленоидов разомкнуты, цепь для катушки первого главного контактора, подключающего первый электродвигатель к аккумуляторной батарее системы, и катушки второго главного контактора, подключающего второй электродвигатель к аккумуляторной батарее системы, может быть разомкнута. Как только цепь размыкается, соответствующие катушки главного контактора могут быть обесточены. Обесточивание катушек приводит к одновременному размыканию соответствующих главных контакторов. В это время все контакторы электрической цепи разомкнуты, включая главные, вспомогательные контакторы и контакторы соленоидов для обоих электродвигателей. Следовательно, цепь для электродвигателей разомкнута, и электроэнергия больше не может подаваться ни на один из стартерных электродвигателей.

Таким образом, ток может циркулировать одновременно от аккумуляторной батареи через каждый из первого стартерного электродвигателя и второго стартерного электродвигателя для запуска двигателя, при этом одновременное протекание тока задерживается до тех пор, пока каждый из пары последовательно включенных выключателей соленоидов не будет замкнут; пара выключателей соленоидов включена параллельно цепи стартера, содержащей аккумуляторную батарею и первый и второй электродвигатели стартера.

На фиг. 5 показан пример временной диаграммы 500, иллюстрирующей работу системы стартерных электродвигателей (такой как система 301 стартерных электродвигателей на фиг. 3А-3Е) во время запуска двигателя локомотива. Система стартерных электродвигателей может содержать два электродвигателя и электрический узел для одновременной работы двух электродвигателей во время запуска двигателя локомотива. Горизонтальная ось (ось Х) обозначает время, а вертикальные маркеры t1-t8 указывают важные моменты времени в процедуре для работы системы стартерных электродвигателей.

Первый график, линия 502, показывает запрос на запуск двигателя локомотива. Второй график, линия 504, показывает положение выключателя управления вспомогательными контакторами (такого как выключатель 284 управления на фиг. 3А-3Е) с помощью катушки вспомогательных контакторов. Третий график, линия 506, показывает положение первого вспомогательного контактора (такого как первый вспомогательный контактор 234 на фиг. 3А-3Е), соединенного с первым электродвигателем системы стартера. Четвертый график, линия 508, показывает положение второго вспомогательного контактора (такого как второй вспомогательный контактор 244 на фиг. 3А-3Е), соединенного со вторым электродвигателем системы стартера. Пятый график, линия 508, показывает положение контактора первого соленоида (такого как контактор 352 первого соленоида на фиг. 3А-3Е). Шестой график, линия 510, показывает положение контактора второго соленоида (такого как контактор 356 второго соленоида на фиг. 3А-3Е). Седьмой график, линия 512, показывает положение первого главного контактора (такого как первый главный контактор 232 на фиг. 3А-3Е). Восьмой график, линия 514, показывает положение контактора первого соленоида (такого как второй главный контактор 242 на фиг. 3А-3Е). Девятый график, линия 516, показывает частоту вращения двигателя локомотива, оцениваемую с помощью датчика положения коленчатого вала. Штриховая линия 520 обозначает пороговую частоту вращения двигателя, выше которой вал двигателя больше не проворачивается стартером. Пороговой частотой вращения двигателя является частота вращения двигателя на холостом ходу.

До момента времени t_1 двигатель находится в состоянии покоя, при этом каждый выключатель в блоке стартерных электродвигателей находится в своем соответствующем разомкнутом положении. В момент времени t_1 машинист локомотива запрашивает запуск двигателя посредством вставления ключа зажигания. В ответ на запрос на запуск двигателя контроллер запускает работу системы стартерных электродвигателей. Активация системы стартерных электродвигателей описана на этапах с 406 по 422 способа 400 со ссылкой на фиг. 4. Выключатель управления замыкается, чтобы подключить катушку вспомогательных контакторов к аккумуляторной батарее системы стартерных электродвигателей.

В момент времени t_2 после подачи питания на катушку вспомогательных контакторов первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор замыкаются. Замыкание вспомогательных контакторов приводит к вхождению шестерен каждого из электродвигателей в зацепление с зубчатым венцом двигателя. Как только электродвигатели входят в зацепление с зубчатым венцом двигателя, в момент времени t_3 , контактор первого соленоида и контактор второго соленоида замыкаются.

Замыкание контакторов двух соленоидов приводит к одновременному возбуждению главных катушек в электрической схеме. В момент времени t_4 после подтверждения того, что главные катушки возбуждены, первый главный контактор и второй главный контактор замыкаются, тем самым соединяя два электродвигателя с аккумуляторной батареей системы. Следовательно, в момент времени t_4 все контакторы электрической цепи замкнуты, включая главные, вспомогательные контакторы и контакторы соленоидов для обоих электродвигателей. Из-за одновременного замыкания главных контакторов оба электродвигателя снабжаются электроэнергией одновременно. Между моментами времени t_4 и t_5 оба электродвигателя могут работать совместно для проворачивания вала двигателя.

Когда двигатель запускается системой стартерных электродвигателей, частота вращения двигателя постепенно увеличивается. В момент времени t_5 частота вращения двигателя увеличивается выше пороговой частоты 520 вращения, и поворачивание вала двигателя больше не требуется. Следовательно, деактивация системы стартерных электродвигателей начинается в момент времени t_5 . Деактивация системы стартерных электродвигателей описана на этапах с 428 по 434 способа 400 со ссылкой на фиг. 4. Выключатель управления размыкается, чтобы отсоединить катушку вспомогательных контакторов от аккумуляторной батареи системы стартера.

В момент времени t_6 из-за обесточивания катушки вспомогательных контакторов первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор размыкаются. Размыкание вспомогательных контакторов приводит к отсоединению шестерен каждого из электродвигателей от зубчатого венца двигателя. Как только электродвигатели выходят из зацепления с двигателем, в момент времени t_7 контактор первого соленоида и контактор второго соленоида размыкаются.

При размыкании контакторов соленоидов цепь для катушки первого главного контактора, соединяющего первый электродвигатель с аккумуляторной батареей системы, и катушки второго главного контактора, соединяющего второй электродвигатель с аккумуляторной батареей системы, разрывается, что приводит к обесточиванию катушек главных контакторов. В момент времени t_8 обесточивание катушек приводит к одновременному размыканию первого главного контактора и второго главного контактора. Таким образом, в этот момент времени t_8 все контакторы электрической цепи разомкнуты, включая главные, вспомогательные контакторы и контакторы соленоидов для обоих электродвигателей, и электроэнергия больше не подается ни на один из стартерных электродвигателей. После момента времени t_8 система стартерных электродвигателей остается неактивной, в то время как двигатель работает путем сгорания смеси.

Таким образом, благодаря включению дополнительных контакторов в цепь стартерного электродвигателя, можно создать реле, которое лучше обеспечивает подачу электроэнергии одновременно на оба стартерных электродвигателя. Благодаря последовательному включению дополнительных контакто-

ров устраняются проблемы, связанные с асинхронным введением в зацепление стартерных электродвигателей. В частности, даже если шестерня электродвигателя входит в зацепление с двигателем в другое время по сравнению с шестерней другого электродвигателя системы стартера, из-за последовательного включения подача электроэнергии на любой электродвигатель блокируется до тех пор, пока оба электродвигателя не войдут в зацепление. В результате предотвращается превышение мощности и превышение частоты вращения любого данного стартерного электродвигателя. Посредством снижения избыточной подачи электроэнергии уменьшается перегревание PI катушек, увеличивая долговечность и улучшая производительность системы стартерных электродвигателей.

Пример цепи стартера двигателя локомотива содержит аккумуляторную батарею, узел первого стартерного электродвигателя, содержащий первый электродвигатель, первую шестерню и первый соленоид с первой втягивающей катушкой и первой удерживающей катушкой; первая втягивающая катушка, включена последовательно с первым электродвигателем, так что ток первого электродвигателя ограничивается, когда первая втягивающая катушка получает питание; узел второго стартерного электродвигателя, содержащий второй электродвигатель, вторую шестерню и второй соленоид со второй втягивающей катушкой и второй удерживающей катушкой; вторая втягивающая катушка включена последовательно со вторым электродвигателем, так что ток второго электродвигателя ограничивается, когда вторая втягивающая катушка получает питание; узел второго стартерного электродвигателя включен последовательно с узлом первого стартерного электродвигателя; первый главный контактор и второй главный контактор, которые электрически последовательно соединяют аккумуляторную батарею с первым электродвигателем и вторым электродвигателем, соответственно; первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор, которые электрически соединяют аккумуляторную батарею последовательно с первой втягивающей катушкой и второй втягивающей катушкой соответственно; первый вспомогательный контактор включен параллельно первому главному контактору; второй вспомогательный контактор включен параллельно второму главному контактору; и контактор первого соленоида и контактор второго соленоида, которые включены последовательно друг с другом и параллельно узлам первого и второго стартерных электродвигателей. В любом одном или во всех предшествующих примерах схема содержит, кроме того, дополнительно или необязательно, выключатель вспомогательных контакторов, электрически соединяющий первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор друг с другом. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, замыкание выключателя вспомогательных контакторов избирательно подает питание на каждый из первого и второго замыкаемых вспомогательных контакторов. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, замыкание первого вспомогательного контактора избирательно возбуждает первую втягивающую катушку и первую удерживающую катушку из-за протекающего через них тока, и при этом замыкание второго вспомогательного контактора избирательно возбуждает вторую втягивающую катушку и вторую удерживающую катушку протекающим через нее током. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, возбуждение первой втягивающей катушки перемещает первую шестерню в осевом направлении к зубчатому венцу двигателя, и при этом возбуждение второй втягивающей катушки перемещает вторую шестерню в осевом направлении к зубчатому венцу двигателя. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, возбуждение первой втягивающей катушки вводит первую шестерню первого электродвигателя в зацепление с зубчатым венцом двигателя, и при этом возбуждение второй втягивающей катушки вводит вторую шестерню второго электродвигателя в зацепление с зубчатым венцом двигателя; первая шестерня и вторая шестерня удерживаются в зацеплении с зубчатым венцом двигателя посредством возбуждения первой и второй удерживающих катушек соответственно. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, контактор первого соленоида замыкается в ответ на механическое зацепление первой шестерни, а контактор второго соленоида замыкается в ответ на избирательное зацепление второй шестерни; время введения в зацепление первой шестерни асинхронно со временем введения в зацепление второй шестерни. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, первый и второй главные контакторы магнитным путем замыкаются в ответ на замыкание каждого из первого и второго контакторов соленоидов, и при этом замыкание первого и второго главных контакторов вызывает протекание тока от аккумуляторной батареи через первый электродвигатель и второй электродвигатель без протекания через первую и вторую втягивающие катушки. В любом одном или во всех предшествующих примерах схема, кроме того, содержит, дополнительно или необязательно, двигатель локомотива, причем вал двигателя проворачивается с помощью каждого из первого электродвигателя и второго электродвигателя, когда ток протекает через первый электродвигатель и второй электродвигатель. В любом одном или во всех предыдущих примерах дополнительно или необязательно аккумуляторная батарея представляет собой аккумуляторную батарею на 64 В, причем каждый из первого и второго стартерных электродвигателей представляет собой электродвигатели на 24 В, включенные последовательно с резистором.

Другой пример системы локомотива содержит двигатель; цепь стартера, содержащую аккумуляторную батарею и первый и второй электродвигатели стартера; пару последовательно включенных выключателей соленоидов, причем пара выключателей соленоидов включена параллельно цепи стартера; и

контроллер, сконфигурированный с помощью машиночитаемых команд, которые при выполнении заставляют контроллер в ответ на запрос на запуск двигателя задерживать одновременное протекание тока от аккумуляторной батареи через каждый из первого и второго стартерных электродвигателей до тех пор, пока каждый из пары выключателей соленоидов не будет замкнут, и инициировать проворачивание вала двигателя в ответ на одновременное протекание тока. В любом предшествующем примере дополнительно или необязательно первый и второй электродвигатели стартера включены последовательно друг с другом и аккумуляторной батареей вдоль основного контура цепи стартера через первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор; причем цепь стартера дополнительно содержит первую тягивающую катушку, последовательно включенную между первым электродвигателем и аккумуляторной батареей через первый вспомогательный контактор; вторую тягивающую катушку, последовательно включенную между вторым электродвигателем и аккумуляторной батареей через второй вспомогательный контактор; и выключатели первого и второго соленоидов последовательно соединенные друг с другом и с первым и вторым электродвигателями по внешнему контуру цепи стартера, параллельно главному контуру. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, в ответ на запрос пуска, контроллер вызывает замыкание вспомогательного выключателя управления, соединенного с главным контуром, для протекания тока от аккумуляторной батареи к первому вспомогательному и второму вспомогательному контактору; причем протекание тока через первый контактор замыкает первый из пары последовательно включенных выключателей соленоидов, а ток через второй контактор замыкает оставшийся из пары последовательно включенных выключателей соленоидов, при этом пара выключателей соленоидов замыкается асинхронно. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, ток, протекающий через каждый из первого и второго вспомогательных контакторов, протекает у них через первую и вторую тягивающие катушки, тягивая первую шестерню первого электродвигателя и вторую шестерню второго электродвигателя в механическое зацепление с зубчатым венцом двигателя. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, первый и второй выключатели соленоидов замыкаются асинхронно, когда первая и вторая шестерни входят в зацепление с двигателем, причем инициирование проворачивания вала двигателя в ответ на одновременное протекание тока включает в себя протекание тока через каждый из первого и второго электродвигателей в обход первой и второй тягивающих катушек только после того, как каждый из пары выключателей соленоидов замыкается.

В еще одном примере способ запуска двигателя локомотива включает пропускание тока одновременно от аккумуляторной батареи через каждый из первого стартерного электродвигателя и второго стартерного электродвигателя для проворачивания вала двигателя; причем одновременное пропускание тока задерживается до тех пор, пока каждый из пары последовательно включенных выключателей соленоидов не будет замкнут; при этом пара выключателей соленоидов включена параллельно цепи стартера, содержащей аккумуляторную батарею и первый и второй электродвигатели стартера. В любом предшествующем примере, дополнительно или необязательно, пара выключателей соленоидов включает в себя первый выключатель соленоида, замыкаемый в ответ на ввод первого электродвигателя в зацепление с двигателем, и второй выключатель соленоида, замыкаемый в ответ на ввод второго электродвигателя в зацепление с двигателем; при этом ввод в зацепление первого электродвигателя происходит асинхронно с вводом в зацепление второго электродвигателя. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, первая тягивающая катушка соединена последовательно с первым электродвигателем, а вторая тягивающая катушка включена последовательно со вторым электродвигателем, причем ввод в зацепление первого электродвигателя включает в себя пропускание тока через первую тягивающую катушку и ввод в зацепление второго электродвигателя включает в себя пропускание тока через вторую тягивающую катушку, и при этом пропускание тока от аккумуляторной батареи одновременно через каждый из первого и второго стартерных электродвигателей для проворачивания вала двигателя включает пропускание тока через первый и второй электродвигатель в обход первой и второй тягивающих катушек. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, аккумуляторная батарея представляет собой аккумуляторную батарею на 64 В.

Каждый из электродвигателей, описанных здесь, может содержать такие компоненты как статоры, роторы, подшипники, выходные валы и электрические клеммы. Например, электродвигатель может содержать неподвижный статор, ротор внутри статора, который выполнен с возможностью вращения относительно статора (например, поддерживаемый подшипниками), выходной вал, прикрепленный к ротору, и одну или несколько электрических клемм в зависимости от типа электродвигателя (например, постоянного DC или переменного AC тока). Компоненты электродвигателя (например, ротор и статор) магнитно и/или электромагнитно сконфигурированы таким образом, чтобы, когда на клеммы двигателя подавались определенные колебания электрической энергии, ротор вращался, заставляя вращаться выходной вал для приведения в действие нагрузки. Некоторые электродвигатели могут быть сконфигурированы для работы "в обратном направлении" в качестве генераторов, так что, когда вал вращается механическим приводом, электроэнергия вырабатывается электродвигателем и выводится через клеммы.

В дополнительно примере система стартера содержит двигатель локомотива, содержащий зубчатый венец, аккумуляторную батарею и цепь стартера, содержащую первый и второй электродвигатели

стартера, включенные последовательно друг с другом и аккумуляторной батареей вдоль основного контура цепи стартера через первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор; первую втягивающую катушку, включенную последовательно между первым электродвигателем и аккумуляторной батареей через первый вспомогательный контактор, и вторую втягивающую катушку, включенную последовательно между вторым электродвигателем и аккумуляторной батареей через второй вспомогательный контактор, и выключатели первого и второго соленоидов, последовательно соединенные друг с другом и с первым и вторым электродвигателем вдоль внешнего контура, параллельного основному контуру. В любом предшествующем примере система содержит, кроме того, дополнительно или необязательно, вспомогательный выключатель управления, соединенный с основным контуром, для избирательного управления протеканием тока от аккумуляторной батареи к первому вспомогательному контактору и второму вспомогательному контактору. В любом одном или во всех предыдущих примерах система, кроме того, содержит, дополнительно или необязательно, контроллер, сконфигурированный с помощью машиночитаемых команд, хранящихся в постоянной памяти, которые при выполнении заставляют контроллер приводить в действие выключатель управления, замыкаемый в ответ на запрос на запуск двигателя; замыкание выключателя управления позволяет току протекать через каждый из первого и второго вспомогательных контакторов и замыкать их. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, ток, протекающий через каждый из первого и второго вспомогательных контакторов, протекает после них через первую и вторую втягивающие катушки, которые втягивают первую шестерню первого электродвигателя и вторую шестерню второго электродвигателя в механическое зацепление с зубчатым венцом двигателя. В любом одном или во всех предыдущих примерах, дополнительно или необязательно, первый и второй выключатели соленоидов перемещаются в замкнутое положение, когда первая и вторая шестерни входят в зацепление с двигателем, ток течет через каждый из первого и второго выключателей соленоидов только после того, как и первая и вторая шестерни полностью входят в зацепление с двигателем; ток протекает далее через каждый из первого и второго электродвигателей только после того, как и первый и второй выключатели соленоидов замыкаются.

В этом описании используются примеры, раскрывающие изобретение и позволяющие специалисту в соответствующей области техники применять на практике формы осуществления изобретения, включая создание и использование устройств или систем и выполнение способов. Объем изобретения определяется формулой изобретения и может включать в себя другие примеры, которые могут быть предложены специалистом в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры входят в объем изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквальной формулировки формулы изобретения, или если они включают эквивалентные структурные элементы с несущественными отличиями от языка формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Цепь стартера двигателя локомотива, содержащая аккумуляторную батарею; узел первого стартерного электродвигателя, содержащий первый электродвигатель, первую шестерню и первый соленоид с первой втягивающей катушкой и первой удерживающей катушкой, причем первая втягивающая катушка включена последовательно с первым электродвигателем, так что ток первого электродвигателя ограничивается, когда первая втягивающая катушка получает питание; узел второго стартерного электродвигателя, содержащий второй электродвигатель, вторую шестерню и второй соленоид со второй втягивающей катушкой и второй удерживающей катушкой, причем вторая втягивающая катушка включена последовательно со вторым электродвигателем так, что ток второго электродвигателя ограничивается, когда вторая втягивающая катушка получает питание; при этом узел второго стартерного электродвигателя включен последовательно с узлом первого стартерного электродвигателя; первый главный контактор и второй главный контактор, электрически соединяющие аккумуляторную батарею последовательно с первым электродвигателем и вторым электродвигателем соответственно; первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор, электрически соединяющие аккумуляторную батарею последовательно с первой втягивающей катушкой и второй втягивающей катушкой соответственно, причем первый вспомогательный контактор включен параллельно первому главному контактору, а второй вспомогательный контактор включен параллельно второму главному контактору; и контактор первого соленоида и контактор второго соленоида, включенные последовательно друг с другом и параллельно первому и второму узлам стартера.
2. Цепь стартера по п.1, в которой первый и второй контакторы соленоидов, когда они замкнуты, электрически последовательно соединены с первым и вторым главными контакторами.
3. Цепь стартера по п.1, дополнительно содержащая выключатель вспомогательных контакторов, электрически соединяющий первый вспомогательный контактор и второй вспомогательный контактор друг с другом.

4. Цепь стартера по п.3, в которой замыкание выключателя вспомогательных контакторов избирательно подает питание на каждый из замыкаемых первого и второго вспомогательных контакторов.

5. Цепь стартера по п.1, в которой замыкание первого вспомогательного контактора избирательно возбуждает первую втягивающую катушку и первую удерживающую катушку протекающим через нее током, а замыкание второго вспомогательного контактора избирательно возбуждает вторую втягивающую катушку и вторую удерживающую катушку протекающим через нее током.

6. Цепь стартера по п.5, в которой возбуждение первой втягивающей катушки перемещает первую шестерню в осевом направлении к зубчатому венцу двигателя, а возбуждение второй втягивающей катушки перемещает вторую шестерню в осевом направлении к зубчатому венцу двигателя.

7. Цепь стартера по п.5, в которой возбуждение первой втягивающей катушки вводит первую шестерню первого электродвигателя в зацепление с зубчатым венцом двигателя, а возбуждение второй втягивающей катушки вводит вторую шестерню второго электродвигателя в зацепление с зубчатым венцом двигателя, при этом первая шестерня и вторая шестерня удерживаются в зацеплении с зубчатым венцом двигателя посредством возбуждения первой и второй удерживающих катушек соответственно.

8. Цепь стартера по п.7, в которой контактор первого соленоида замыкается в ответ на механическое зацепление первой шестерни, а контактор второго соленоида замыкается в ответ на избирательное зацепление второй шестерни, при этом зацепление первой шестерни асинхронно с зацеплением второй шестерни.

9. Цепь стартера по п.8, в которой первый и второй главные контакторы магнитно замыкаются в ответ на замыкание каждого из первого и второго контакторов соленоидов и замыкание первого и второго главных контакторов вызывает протекание тока от аккумуляторной батареи через первый электродвигатель и второй электродвигатель без протекания тока через первую и вторую втягивающие катушки.

10. Цепь стартера по п.9, дополнительно содержащая двигатель локомотива, при этом вал двигателя проворачивается с помощью каждого из первого электродвигателя и второго электродвигателя, когда ток протекает через первый электродвигатель и второй электродвигатель.

11. Цепь стартера по п.1, в которой аккумуляторная батарея представляет собой аккумуляторную батарею с напряжением 64 В, причем каждый из первого и второго стартерных электродвигателей представляют собой электродвигатели на 24 В, включенные последовательно с резистором.

12. Тяговая система локомотива, содержащая двигатель;

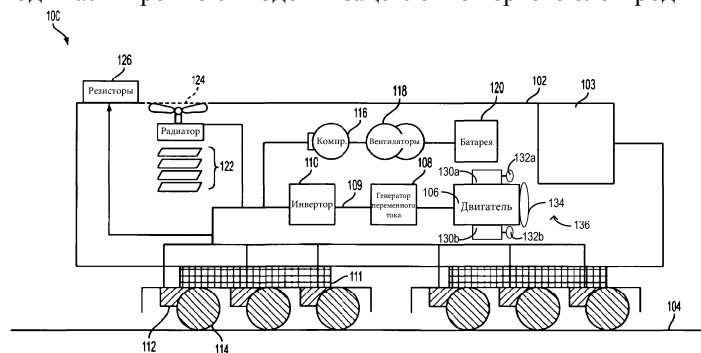
цепь стартера по любому из пп.1-9, причем цепь стартера выполнена с возможностью зацепления шестерен первого и второго узлов стартерных электродвигателей с зубчатым венцом двигателя локомотива; и

контроллер, сконфигурированный для отправки,

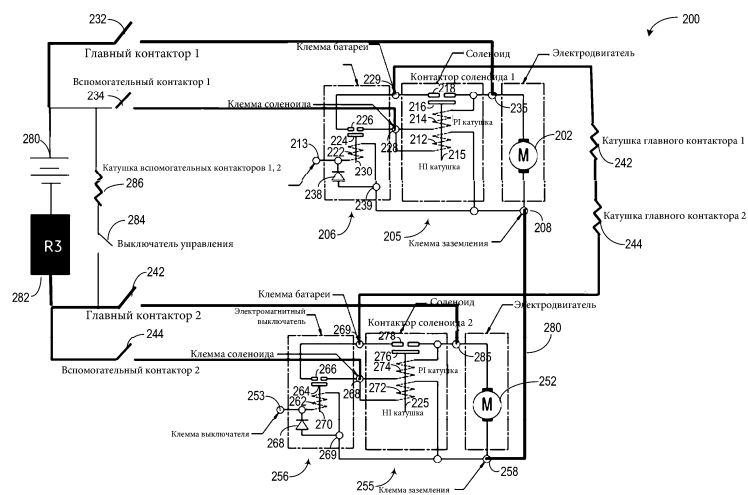
в ответ на запрос на запуск двигателя команды для подключения катушек вспомогательных контакторов к аккумуляторной батарее и замыкания, таким образом, вспомогательных контакторов.

13. Способ запуска двигателя локомотива с использованием цепи стартера по п.1, включающий замыкание первого и второго вспомогательных контакторов для пропуска тока от аккумуляторной батареи через первый и второй соленоиды и через первую и вторую втягивающие катушки, через первый и второй электродвигатели; и затем

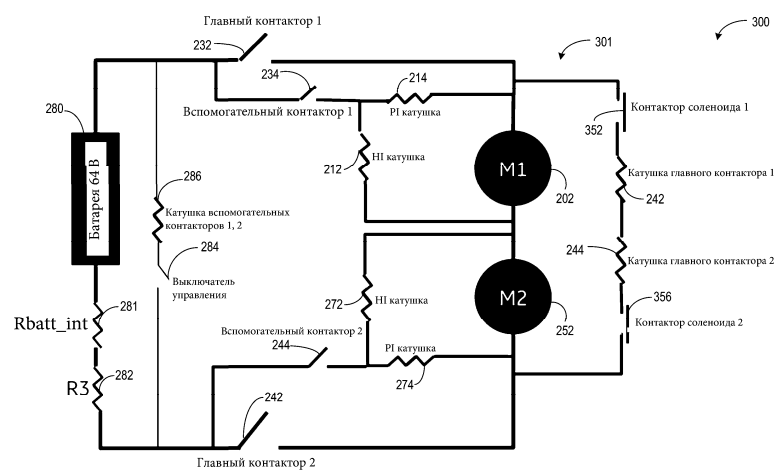
в ответ на ввод первого электродвигателя в зацепление с двигателем локомотива замыкание контактора первого соленоида для подачи питания на катушку первого главного контактора и в ответ на ввод второго электродвигателя в зацепление с двигателем локомотива замыкание контактора второго соленоида для подачи питания на катушку второго главного контактора, причем ввод в зацепление второго электродвигателя происходит асинхронно с вводом в зацепление первого электродвигателя.



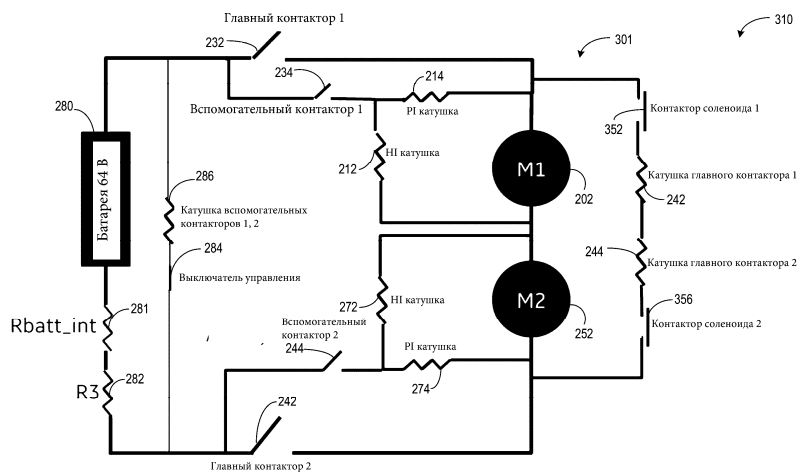
Фиг. 1



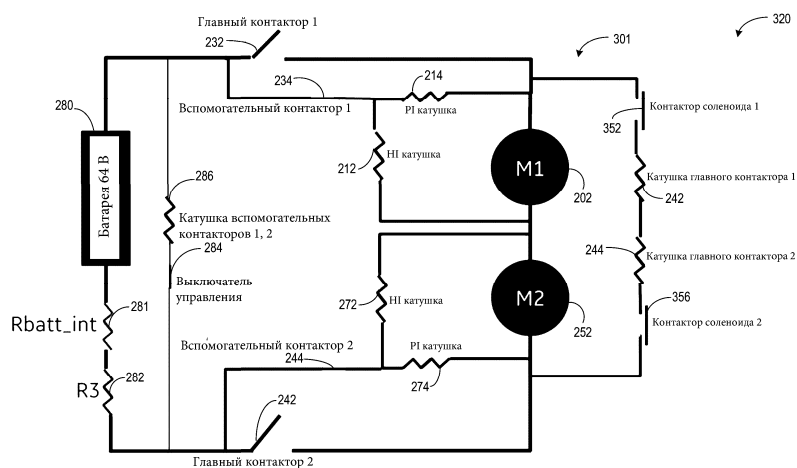
Фиг. 2



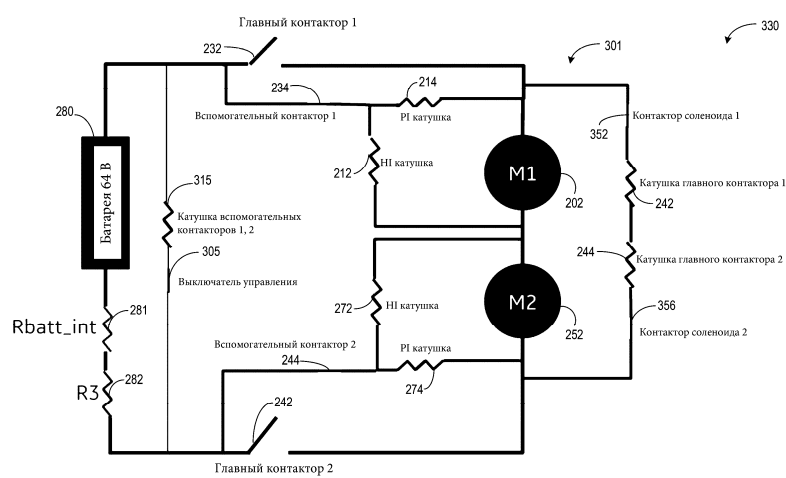
Фиг. 3А



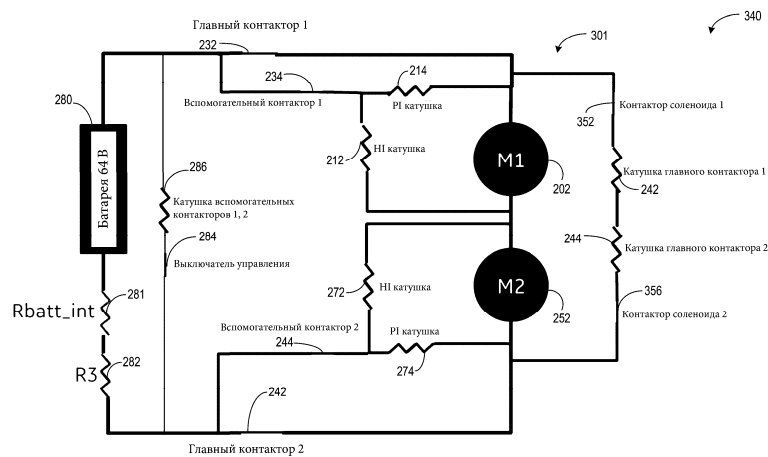
Фиг. 3В



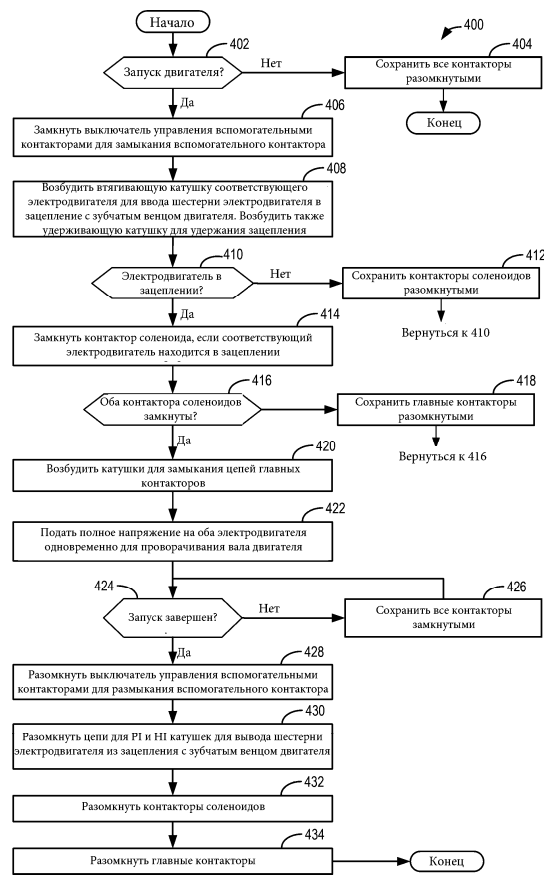
Фиг. 3С



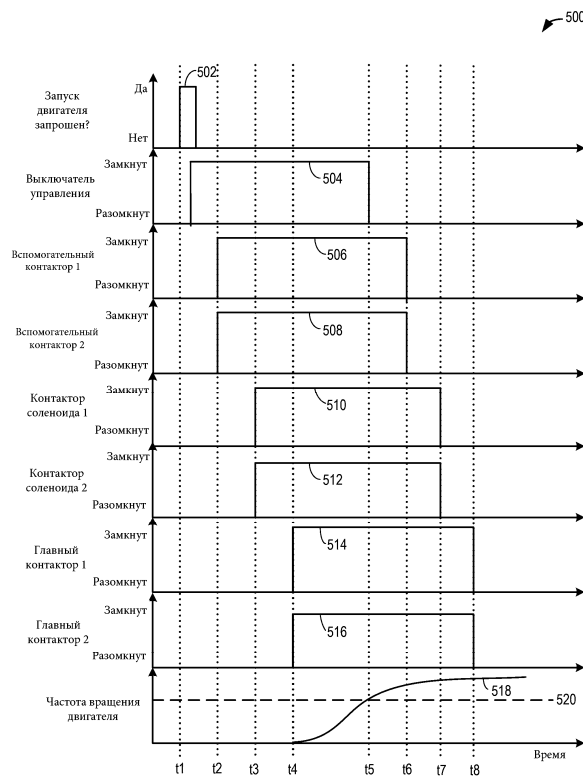
Фиг. 3D



Фиг. 3Е



Фиг. 4



Фиг. 5

