

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к двигателям, в частности к дифференцированному двигателю с различным преобразованием крутящего момента.

Уровень техники

Основная трудность, возникающая в существующих электродвигателях, работающих не на стартовой или низкой скорости, связана с тем, что максимального значения коэффициент полезного действия (КПД) достигает при сравнительно ограниченной амплитуде частот вращения выходного вала. Фиг. 1 иллюстрирует кривую "КПД-скорость" стандартного электродвигателя, обозначенную буквой А. Как показано на фиг. 1, стандартный электродвигатель имеет максимальный КПД в пределах от 80 до 100%, обозначенный точкой В на кривой А "КПД-скорость", а низкие выходные частоты вращения и частоты пуска (обозначенные как С), производительности находятся в пределах от 20 до 25%.

Решение вышеупомянутой проблемы осложняется потребностью в высоком пусковом крутящем моменте, если нагрузка, например автомобиль, должна достичь эксплуатационной скорости под действием ускорения. Пусковой крутящий момент изменяется пропорционально ускорению - чем выше ускорение, тем выше пусковой крутящий момент. Поскольку крутящий момент прямо пропорционален току в обмотке мотора, ускоряющий вращающий момент (например, разгон из статичного положения или торможение при регулируемом реверсивном двигательном моменте мотора) потребует более высокого значения тока в намотке мотора. Это значит, что сила тока, необходимая мотору для создания определенного крутящего момента при низкой скорости или из статичного положения, будет намного выше той, которая потребуется для создания подобного крутящего момента при высоких скоростях, потому что КПД мотора на малых скоростях намного меньше, чем на более высоких, что иллюстрируют отметки В и С графика "КПД-скорость на выходе" на фиг. 1. Более того, потеря энергии в моторе увеличивается экспоненциально, поскольку данная потеря равна сопротивлению обмотки мотора, умноженной на силу тока, возведенной во вторую степень.

Во время процесса остановки/пуска силовой системы электродвигателя с механическим приводом, в особенности, при наличии относительно быстрых сил ускорения и торможения рабочий КПД электродвигателя будет ниже отметки максимального КПД, как правило, в пределах от 20 до 25%, что обозначено точкой С на фиг. 1, но в условиях ускорения/торможения может быть даже ниже данного предела.

Ввиду вышеупомянутых и других известных недостатков, существует необходимость в двигателе с улучшенным соотношением харак-

теристик мощности крутящего момента к скорости для известных конструкций, который по своим рабочим характеристикам приближается к идеальному двигателю, как показано на фиг. 1(b).

Сущность изобретения

Изобретение предусматривает дифференциальный двигатель с различным преобразованием крутящего момента.

Первый аспект настоящего изобретения предусматривает дифференциальный двигатель с изменяемым выходным крутящим моментом, который содержит (а) двигатель, вращающий выходной вал с определенной частотой и сообщающий данному выходному валу входной крутящий момент; (b) каскад преобразования крутящего момента, соединенный с двигателем с целью преобразования входного крутящего момента в крутящий момент выходного вала для соединения с нагрузкой; (с) каскад преобразования крутящего момента включает в себя первый дифференциальный усилительный каскад с входным валом, связанным с выходным валом двигателя, и первый дифференциальный усилительный каскад с передаточным механизмом, предназначенным для преобразования крутящего момента от входного вала к первому и второму выходным валам, и передаточный механизм, вращающий каждый из выходных валов с одинаковой скоростью, но в противоположном направлении; (d) каскад преобразования крутящего момента включает в себя второй дифференциальный усилительный каскад с первым входным валом, связанным с первым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, и второй входной вал, связанный со вторым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада и включающий в себя передаточный механизм, необходимый для придания крутящего момента выходному валу при наличии разности частот вращения первого и второго входных валов второго дифференциального усилительного каскада; (е) механизм нагрузки, соединенный с одним из выходных валов второго дифференциального усилительного каскада, механизм нагрузки способен реагировать на управляющий входной сигнал для нагрузки входного вала с целью изменения частоты вращения данного входного вала.

Второй аспект изобретения предусматривает дифференциальный двигатель с изменяемым выходным крутящим моментом, который содержит (а) двигатель, вращающий выходной вал с постоянной частотой в заданном направлении; (b) каскад передачи, имеющий входной вал и вал с выходным приводом для управления грузом, входной вал, соединенный с выходным валом двигателя; (с) регенеративный зарядный каскад, при этом регенеративный зарядный каскад имеет входное устройство для получения энергии от каскада передачи и для зарядки устройства накопления энергии; (d) каскад передачи включает в себя первый и второй дифферен-

циальные усилительные каскады, где первый дифференциальный усилительный каскад имеет приводной механизм, соединенный с входным валом, второй дифференциальный усилительный каскад имеет приводной механизм, соединенный с валом выходного привода, а также привод первого дифференциального усилительного каскада, соединенный с приводом второго дифференциального усилительного каскада через первый и второй дифференциальные валы, дифференциальные валы, вращающиеся с одинаковой скоростью в противоположных направлениях; (е) каскад передачи включает в себя генератор, соединенный с одним из дифференциальных валов, реагирующий на управляющий входной сигнал для развития выходной мощности регенеративного зарядного каскада, работу генератора, по нагрузке дифференциального вала и созданию разности скоростей дифференциальных валов, а также приводной механизм второго дифференциального усилительного каскада, переводящий разницу скоростей в частоту вращения вала выходного привода.

Еще один аспект настоящего изобретения предусматривает дифференциальный двигатель с изменяемым выходным крутящим моментом, который содержит (а) первый двигатель, вращающий выходной вал с определенной частотой и сообщающий данному валу входной крутящий момент; (b) второй двигатель, предназначенный для вращения выходного вала двигателя с определенной частотой и в том же самом направлении, что и выходной вал первого двигателя; (с) каскад преобразования крутящего момента, соединенный с двигателем с целью преобразования входного крутящего момента первого и второго двигателей в крутящий момент вала с выходным приводом, что позволяет осуществить соединение с нагрузкой; (d) каскад преобразования крутящего момента включает в себя первый дифференциальный усилительный каскад, первый дифференциальный усилительный каскад имеет входной вал и передаточный механизм, предназначенный для перевода крутящего момента от входного вала к первому и второму выходным валам, передаточный механизм предназначен для управления каждым из выходных валов с одинаковой скоростью, но в противоположных направлениях вращения; (е) каскад преобразования крутящего момента, включающий в себя второй дифференциальный усилительный каскад, второй дифференциальный усилительный каскад имеет первый входной вал, связанный с первым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, и второй входной вал, связанный со вторым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, и включающий в себя передаточный механизм, необходимый для придания крутящего момента валу выходного привода при наличии разности частот вращения первого и второго входных валов второго

дифференциального усилительного каскада; (f) входной каскад, имеющий первый входной вал, соединенный с выходным валом первого двигателя, и второй входной вал, соединенный с выходным валом второго двигателя, и входной каскад, имеющий выходной вал, соединенный с входным валом первого дифференциального усилительного каскада, и входной каскад, включающий в себя передаточный механизм для передачи крутящего момента от выходного вала электродвигателя и выходного вала к выходному валу входного каскада; (g) механизм нагрузки, связанный с одним из входных валов второго дифференциального усилительного каскада, механизм нагрузки способен реагировать на управляющий входной сигнал для осуществления зарядки входного вала с целью изменения частоты вращения соответствующего входного вала.

После просмотра нижеследующего описания конкретных вариантов осуществления настоящего изобретения, в сочетании с сопровождающими фигурами чертежей, специалистам в данной области техники представятся очевидными остальные аспекты и свойства настоящего изобретения.

Краткое описание фигур чертежей

Предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения описывается со ссылкой на сопровождающие чертежи, где

фиг. 1(a) - график зависимости КПД на выходе от частоты вращения для стандартного электродвигателя;

фиг. 1(b) - график зависимости КПД на выходе от частоты вращения для идеального электродвигателя;

фиг. 2 - структурная схема дифференциального электродвигателя различного преобразования крутящего момента согласно настоящему изобретению;

фиг. 3(a) - график зависимости КПД на выходе от частоты вращения для дифференциального электродвигателя согласно настоящему изобретению;

фиг. 3(b) - график зависимости выходного крутящего момента от частоты вращения для дифференциального электродвигателя согласно настоящему изобретению;

фиг. 4 - структурная схема дифференциального электродвигателя согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг. 5 - структурная схема дифференциального электродвигателя согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг. 6 - структурная схема дифференциального электродвигателя согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг. 7 - принципиальная схема системы электролиза воды для обеспечения химической загрузки дифференциального электродвигателя согласно настоящему изобретению.

Подробное описание вариантов осуществления изобретения

Фиг. 2 согласно настоящему изобретению в форме структурной схемы иллюстрирует дифференциальный электродвигатель с изменяемым крутящим моментом, обозначенный, главным образом, ссылкой 10.

Как показано на фиг. 2, дифференциальный двигатель 10 включает в себя электродвигатель 12, механическую эпициклическую трансмиссию, обозначенную, главным образом, ссылкой 13, и постоянный контроллер 11 частоты вращения электродвигателя. Эпициклическая трансмиссия 13 включает в себя первую 14 и вторую 16 дифференциальные коробки передач. Первая дифференциальная коробка передач 14 имеет входной вал 20, соединенный с выходом электродвигателя 12. Дифференциальная коробка передач 14 имеет первый 22 и второй 24 выходные валы. Первый выходной вал 22 соединен с ротором первого электродвигателя/генератора 26, действующего в генераторном режиме, подробное описание последует ниже. Подобным образом, второй выходной вал 24 соединен с ротором второго электродвигателя/генератора 28, действующего также в генераторном режиме. Вторая дифференциальная коробка передач 16 имеет первый 30 и второй 32 входные валы, а также выходной вал 34. Первый входной вал 30 соединен с ротором первого генератора 26, а второй входной вал 32 соединен с ротором второго генератора 28. Выходной вал 34 дифференциальной коробки передач 16 осуществляет вывод привода дифференциального электродвигателя 10, подробное описание последует ниже. Выходной вал 34 соединен и управляет нагрузкой 36, например колесом автомобиля.

Электродвигатель 12 работает с постоянной скоростью и имеет выходной вал 20, вращающийся непрерывно и в одном направлении, например в направлении, обозначенном стрелкой 21. Выходной вал 20 электродвигателя 12 соединен с входным валом первой дифференциальной коробки передач 14. Электродвигатель 12 вращается непрерывно, независимо от наличия или отсутствия движения выходного вала 34. Тем не менее, желательно, чтобы имелась возможность выключить или замедлить ход электродвигателя 12, если выход не нужен, например при остановке автомобиля. Скорость электродвигателя 12 задается и регулируется постоянным контроллером 11 частоты вращения электродвигателя. Помимо осуществления относительно небольших регулировок скорости электродвигателя 12, что может поднять КПД, как функцию момента вращения, до максимального уровня, контроллер 11 частоты вращения задает электродвигателю 12 постоянную скорость. При использовании газового двигателя, вместо электродвигателя или в дополнение к электродвигателю 12 (что рассматривается ниже, со ссылкой на фиг. 6), газовый двигатель может

работать с наиболее эффективной (например, высокой) скоростью, если небольшие изменения в частоте вращения электродвигателя создаются при более свободных переменных нагрузках с тем, чтобы сохранить оптимальный КПД.

Выходной вал 34 вращается с управляемой скоростью, с максимальной частотой вращения, которая, как правило, гораздо ниже частоты вращения электродвигателя 12. Такое устройство двигателя 10 обеспечивает редукцию скорости и преобразование крутящего момента в двух направлениях движения. Несмотря на то, что электродвигатель 12 вращается постоянно, выходной вал 34 может быть установлен совершенно неподвижно, без использования сцепляющих приспособлений или подобных механизмов, предназначенных для разъединения электродвигателя 12 и выходного вала 34. Если выходной вал 34 остановлен, вращается вперед или назад, желательно, чтобы электродвигатель 12 непрерывно вращался (с относительно постоянной скоростью).

Частота вращения выходного вала 34 постоянно изменяется, начиная от нулевой скорости, через интервал поступательных и обратных скоростей. Преобразование крутящего момента создается (повышается) на выходном валу 34 как функция соотношения частоты вращения электродвигателя 12 и частоты вращения выходного вала 34, игнорирующая потерю КПД в двух дифференциальных коробках передач 14, 16, потери, возникающие в двигателях-генераторах 26, 28, в модулях 40, 42 зарядного агрегата, в постоянном контроллере 11 частоты вращения электродвигателя и в контроллере 70.

Поскольку КПД электродвигателя 12 относится к особому сочетанию скорости и крутящего момента, исходному крутящему моменту, создаваемому электродвигателем 12, будет соответствовать оптимальная скорость. Эффективность работы электродвигателя 12 может поддерживаться на максимальном уровне путем изменения скорости двигателя 12 как функции измеренного крутящего момента электродвигателя, с целью максимального повышения эффективности ее работы.

Ссылаясь на фиг. 2, выходной вал 20 электродвигателя 12 соединен и приводит в движение входной вал 17 на первой дифференциальной коробке передач 14. Первый выходной вал 22 дифференциальной коробки передач 14 вращается в направлении, обозначенном стрелкой 23, а второй выходной вал 24 вращается в противоположном направлении, обозначенном стрелкой 25. Поскольку выходной вал 22 соединен с ротором первого генератора 26, то первый входной вал 30, соединенный со второй дифференциальной коробкой передач 16, вращается с той же скоростью и в том же направлении, обозначенном стрелкой 23. Таким же образом, второй входной вал 32, соединенный с дифференциальной коробкой передач 16, вращается с той

же скоростью и в том же направлении, что и выходной вал 24.

Дифференциальная коробка передач 14 включает в себя дифференциальную зубчатую передачу (не показана) с единичным входом вала 17 (то есть, связанным с валом 20) и парные выходы вала (то есть вал 22 и вал 24), соотношение частоты вращения которых равно 1:1:1. Предпочтительно использовать и другие соотношения. Подходящим устройством дифференциальной коробки передач 14 является дифференциальная зубчатая передача (не показана) с валом, присоединенным к валу двигателя 20 и связанным через прямоугольную ось с двумя коническими шестернями, управляющими соответствующими валами, соединенными с выходными валами 22 и 24. Подобная дифференциальная зубчатая передача, за исключением калибровки шестерней (не показаны), подходит для дифференциальной коробки передач 16 с двумя коническими шестернями, которые управляют валами, связанными с соответствующими входными валами 30 и 32, и соединены через прямоугольную ось с валом, спаренным с выходным валом 34. Входной вал 17 (соединенный с выходным валом 20 электродвигателя 12) и два входных вала 22 и 24 на первой дифференциальной коробке передач 14 встречают относительно низкий крутящий момент, и уровень крутящего момента распределяется между валами 30 и 32. Выходной вал 34 второй дифференциальной коробки передач 16 несет на себе более высокую крутящую нагрузку, поэтому предпочтительно, чтобы конструкция дифференциальной коробки передач 16 была усилена больше, чем конструкция дифференциальной коробки передач 14. Крутящий момент на входном валу 17 задается соотношением "частота вращения выходного вала 34, поделенная на частоту вращения входного вала 30", плюс какие-либо потери.

Следует принять во внимание, что если один из выходных валов 22 или 24 в дифференциальной коробке передач 14 имеет избыточную нагрузочную силу встречного направления, то другой вал 22 или 24 повышает частоту вращения до такой степени, что нагруженный выходной вал 22 или 24 снижает свою частоту вращения.

Как описано выше, выходные валы 22 и 24 соответственно управляют входными валами 30 и 32 второй дифференциальной коробки передач 16. Нагрузка одного из выходных валов 22 или 24 приводит к появлению различий в частотах вращения выходных валов 22 и 24, а также входных валов 30 и 32 второй дифференциальной коробки передач 16. Благодаря большому снижению скорости на выходном валу 34, связанному со скоростью двигателя 12, валов 20, 22 и валов 30, 32, крутящий момент нагрузки на любом из выходных валов 22 или 24 намного

меньше, чем выходной крутящий момент, создаваемый нагрузкой на выходных валах 22 и 24.

Валы 30 и 32, вращающиеся в противоположных направлениях (обозначенные стрелками 23 и 25), обеспечивают дифференциальный вход, который управляет вращающимися коническими шестернями (не показаны) в дифференциальной коробке передач 16. Конические шестерни (не показаны) связаны с выходным валом 34. Такая структура зубчатой передачи предусматривает, что если два входных вала 30 и 32 имеют одинаковую частоту вращения, то частота вращения выходного вала 34 будет равна нулю. Тем не менее, относительная частота вращения входных валов 30 и 32 может различаться, если, например, один из валов 30 или 32 несет на себе нагрузку или один из валов 30 или 32 несет нагрузку, а другой вал 30 или 32 несет силовую электрическую нагрузку прокрутки двигателя, налагаемую под контролем с целью создания необходимой частоты вращения выходного вала 34. Нагрузка вызывает снижение частоты вращения вала 30 (или 32), скорость другого вала 32 (или 30) возрастает в ходе эксплуатации дифференциальной зубчатой передачи, и дифференциальная частота вращения между двумя входными валами 30 и 32 передается к выходному валу 34 при помощи дифференциальной коробки передач 16. Представляется возможным использование шестерней, имеющих структуру, отличную от структуры конических шестерней.

Как описано выше, электродвигатель 12 работает с постоянной частотой вращения, которая контролируется постоянным контроллером 11 частоты вращения электродвигателя. Постоянная частота вращения электродвигателя 12 поддерживается контроллером 11 в проектных пределах двигателя 10 независимо от энергии нагрузки, то есть крутящий момент задает, но не зависит от частоты вращения выходного вала 34.

Устройство для создания дифференциальной скорости между входными валами 30 и 32 предусматривает использование одного из двигателей-генераторов 26, 28 (функционирующих в качестве генераторов или двигателей согласно другому варианту осуществления) с целью создания нагрузки на соответствующих входных валах 30 и 32. Как описано выше, один конец ротора первого генератора 26 крепко соединен непосредственно с выходным валом 22 первой дифференциальной коробки передач 14, а другой конец - с входным валом 30 второй дифференциальной коробки передач 16. Аналогично этому, один конец ротора второго генератора 28 непосредственно соединяется с выходным валом 24, а другой конец - со вторым входным валом 32. Ротор первого генератора 26, а также выходной вал 22 и входной вал 30 второй дифференциальной коробки передач 16 вращаются с одинаковой частотой. Аналогично этому, ро-

тор второго генератора 28, а также выходной вал 24 и входной вал 32 дифференциальной коробки передач 16 имеют одинаковую частоту вращения. Корпус каждого из генераторов 26, 28 жестко смонтирован на неподвижной конструкции, так же, как и корпуса коробок передач 14 и 16, чтобы предотвратить вращение корпусов генераторов 26 и 28.

Исключая потери в дифференциальных коробках передач 14 и 16, желательно, чтобы встречный крутящий момент, требующий уменьшения частоты вращения входных валов 30 и 32 (или увеличения частоты вращения одного из валов 30 или 32), зависел от выходного крутящего момента и характеризовался отношением частоты вращения электродвигателя 12 к частоте вращения выходного вала 34 (когда один вал загружен, а другой вал является ведомым или ходовым, каждому дифференциальному валу потребуется $1/2$ крутящего момента). Основываясь на данной взаимосвязи, высокая частота вращения электродвигателя 12, относительно максимальной частоты вращения выходного вала 34, позволяет снизить максимальную силу нагрузки, которая требуется для создания необходимой частоты вращения выходного вала 34 и позволяет успешно использовать относительно небольшие двигатели для генераторов 26 и 28. В дальнейшем это может быть усовершенствовано, при условии, что передаточное число будет находиться между каждым двигателем-генератором 26, 28 и двумя соответствующими валами 22, 30 и 24, 32, что позволит электродвигателю 26, 28 вращаться с более высокой частотой.

Как показано на фиг. 2, дифференциальный двигатель 10 включает в себя регенеративную цепь зарядного тока, обозначенную, главным образом, ссылкой 15. Регенеративная цепь 15 зарядного тока включает в себя два модуля 40 и 42 зарядного агрегата. Первый модуль 40 зарядного агрегата соединен с выходом первого двигателя-генератора 26, подобным образом второй модуль 42 зарядного агрегата соединен с выходом второго двигателя-генератора 28. Модули 40 и 42 зарядного агрегата связаны с прибором аккумулирования энергии 50, например батареей или другим подходящим прибором, что описано ниже, и порождают регенеративные зарядные токи. Регенеративные зарядные токи образуются в результате нагрузки пар выходных и входных валов 22, 30 и 24, 32, например при торможении, ускорении, замедлении или в любой момент времени, когда на частоту вращения выходного вала 34 воздействует нагрузка, и служат для оптимизации КПД электродвигателя.

Согласно фиг. 2 выход первого модуля 40 зарядного агрегата соединен с одной клеммой батареи 50 через диод 60. Аналогично этому, выход второго модуля 42 зарядного агрегата соединен с клеммой батареи 50 через диод 62. Вторая клемма батареи 50 соединена с обрат-

ными входами модулей 40 и 42 зарядного агрегата. Диоды 60 и 62 обеспечивают прохождение зарядных токов от соответствующих модулей 40 и 42 зарядного агрегата к батарее 50 и блокировку токов на обратном пути к каждому из модулей 40 и 42 зарядного агрегата. Предпочтительно, чтобы диоды 60 и 62 могли заменяться другими функционально эквивалентными элементами.

Каждый модуль 40 и 42 зарядного агрегата соединен с модулем контроллера, обозначенным ссылкой 70. Основная функция модуля контроллера 70 - осуществление независимого управления работой каждого модуля 40 и 42 зарядного агрегата, обеспечение необходимой частоты вращения на выходе и направленной ротации выходного вала 34, что будет более подробно описано ниже. Помимо выполнения функции управления модулями 40 и 42 зарядного агрегата контроллер 70 специально запрограммирован для выполнения других функций управления, что описано ниже.

Регулировка частоты вращения выходного вала 34 осуществляется путем создания разности частот вращения входных валов 30 и 32 дифференциальной коробки передач 16. Разность частот вращения входных валов создается в результате нагрузки выходного вала 22 и входного вала 30 или нагрузки выходного вала 24 и входного вала 32. При более детальном рассмотрении процесс нагрузки выходного вала 30 включает в себя приложение силы в направлении, противоположном направлению вращения входного вала 22 и выходного вала 30, через работу двигателя-генератора 26. Подобным образом процесс нагрузки выходного вала 32 включает в себя приложение силы в направлении, противоположном направлению вращения входного вала 24 и выходного вала 32, через работу двигателя-генератора 28. Если модуль 40 зарядного агрегата не будет получать электрический ток от генератора 26, то выходной вал 22 нагружаться не будет. Второй выходной вал также не будет нагружаться, если модуль 42 зарядного агрегата не будет получать ток от генератора 28. Несмотря на то, что роторы генераторов 26 и 28 вращаются в результате ротации выходного вала 20 двигателя 12, передающейся выходным валам 22 и 24 через дифференциальную коробку передач 14, нагрузка не будет создана, если от генераторов 26 и 28 не будет получен ток. Как показано на фиг. 2, входной вал 30 включает в себя датчик 31 скорости/крутящего момента, позволяющий считывать показания скорости и/или крутящего момента на выходе F к модулю 70 контроллера. Подобным образом другой входной вал 32 включает в себя датчик 33 скорости/крутящего момента, позволяющий считывать показания скорости и/или крутящего момента на выходе G к модулю контроллера 70.

Контроллер 70, активирующий один из модулей 40 или 42 зарядного агрегата для пода-

чи зарядного тока к батарее 50, нуждается в получении тока от одного из генераторов 26 или 28. При запуске модуля 40 зарядного агрегата контроллером 70 модуль 40 зарядного агрегата включается и, получив от генератора 26 ток, создает зарядный ток, который выходит на батарею 50 через диод 60.

Подобным образом запуск модуля 42 зарядного агрегата контроллером 70 приводит к тому, что модуль 42 зарядного агрегата, получающий ток от генератора 28, создает зарядный ток, который диод 62 направляет к батарее 50. В результате получения тока генератор 26 создает силу, противодействующую вращению выходного вала 30 и изменяющую частоту вращения входного вала 30 дифференциальной коробки передач 16. Подобным образом, если включается второй модуль 42 зарядного агрегата, генератор 28, в результате получения тока, создает силу, которая противодействует вращению выходного вала 32 и изменяет частоту вращения входного вала 32 дифференциальной коробки передач 16. Величина данной силы и результирующая нагрузка на входной вал 30 или 32 изменятся в соответствии с величиной силы тока, полученного под управлением контроллера 70. Разность частот вращения входных валов 30 и 32 передается при помощи дифференциальной коробки передач 16 выходному валу 34. Направление вращения выходного вала 34, показанное стрелкой 35, зависит от того, какой из генераторов несет нагрузку. Таким образом, зарядные токи, вырабатываемые модулями 40 и 42 зарядного агрегата, включают в себя регенеративный зарядный ток, получаемый в результате приложения силы (энергии) генератором 26 и 28 к нагрузке, то есть при замедлении или торможении, входных 22, 24 и выходных 30, 32 валов. Замедление входных валов 22, 24 или выходных валов 30, 32 повышает частоту вращения соответствующих входных валов 24, 22 и выходных валов 30, 32, а также частоту вращения выходного вала 34, равную разности частот вращения пар дифференциальных валов 22, 30 и 24, 32.

Как показано на фиг. 2, дифференциальный электродвигатель 10 включает в себя датчик 90 скорости и датчик 91 крутящего момента. Датчик 90 скорости, который может включать в себя тахометр, соединенный с выходным валом 34, воспринимает частоту вращения и направление вращения выходного вала 34. Датчик 91 крутящего момента воспринимает выходной крутящий момент выходного вала 34. Показания крутящего момента и скорости выходного вала 34 доставляются к контроллеру 70 зарядного агрегата по витку 71 обратной связи. Контроллер 70 зарядного агрегата включает в себя вход 74 для получения входящего сигнала регулировки частоты вращения. Предпочтительно, чтобы контроллер 70 зарядного агрегата включал в себя программируемый прибор, та-

кой как контроллер на основе микропроцессора. Микропроцессор программируется определенным образом для выполнения программы аппаратно-программного обеспечения, включающей в себя набор последовательных операций, управляющих работой модулей 40 и 42 зарядного агрегата.

Согласно фиг. 2 выходное напряжение модулей 40, 42 зарядного агрегата контролирует уровень зарядки, который представляет собой разность выхода зарядного напряжения и напряжения батареи 50. Как таковые, модули 40, 42 зарядного агрегата функционируют в качестве источников питания с регулируемым напряжением. В контексте настоящего изобретения модули 40, 42 зарядного агрегата могут включать в себя одноквадрантную топологию. Это значит, что модули 40, 42 только получают энергию от двигателей-генераторов 26, 28, то есть используя двигатели-генераторы 26, 28 только в генераторном режиме, и пропускают энергию к батарее 50. Модули 40, 42 зарядного агрегата могут также включать в себя двухквадрантную топологию. Это значит, что модули 40, 42 зарядного агрегата могут получать энергию от двигателей-генераторов 26, 28 и пропускать ее к батарее 50, плюс к этому, модули 40, 42 зарядного агрегата могут получать энергию от батареи 50 или другого источника и пропускать данную энергию обратно к двигателю-генератору 26, 28. Двухквадрантная топология позволяет управлять двигателями-генераторами 26, 28 в моторном режиме.

Как показано на фиг. 2, контроллер 70 зарядного агрегата имеет соответствующие выходы 73, 75 управления на модули 40, 42 зарядного агрегата. Контроллер 70 подает на выходы 73, 75 сигналы управления для установки уровня выходного напряжения от соответствующих модулей 40, 42 зарядного агрегата. В ходе эксплуатации контроллер 70 измеряет скорость и направление вращения (стрелка 35) выходного вала 34 при помощи датчика крутящего момента и датчика 90 скорости и сравнивает замеренные показатели на входе с показателями входа 74 управления частотой вращения. Контроллер 70 также измеряет выходные токи модулей 40, 42 зарядного агрегата на соответствующих входах 76, 78, а также электрический ток, идущий от батареи 50 к двигателю 12 на входе 80. При получении сигнала на входе 74 управления частотой вращения контроллер 70 зарядного агрегата запускает один из модулей 40 или 42 зарядного агрегата и устанавливает, какое количество тока необходимо получить для осуществления загрузки соответствующего входного вала 30 или 32, чтобы достичь необходимой частоты вращения выходного вала 34. Контроллер 70 зарядного агрегата использует выход от датчика 90 частоты вращения для определения действительной частоты вращения выходного вала 34. В случае, если действительная частота вра-

щения не удовлетворяет необходимым параметрам входа 74 управления частотой вращения, то генератор 26 или 28 производит регулировку тока, получаемого модулем 40 или 42 зарядного агрегата, для изменения нагрузки входного вала 30 или 32. Если измерения выходного напряжения от модулей 40, 42 зарядного агрегата к контроллеру 70, сделанные на входах 80, 82, показывают, что батарея 50 полностью заряжена, то контроллер 70 при помощи модулей 40, 42 зарядного агрегата прекращает процесс зарядки батареи 50. Результирующая нагрузка модуля 40, 42 зарядного агрегата снимается, и обратный ток от батареи 50 к модулям 40, 42 зарядного агрегата блокируется диодами 60, 62.

Предпочтительно, чтобы контроллер 70 имел такое программируемое управление уровнем использования выходного напряжения от двигателя-генератора 26, которое позволит применить данное выходное напряжение к двигателю-генератору 28, что предоставит возможность двигателю-генератору 26 работать в генераторном режиме, а двигателю-генератору 28 - в режиме двигателя.

Подобным образом, контроллер 70 должен иметь такую программу управления уровнем использования выходного напряжения, которая даст возможность применить выходное напряжение от двигателя-генератора 28 к двигателю-генератору 26, что позволит двигателю-генератору 28 работать в генераторном режиме, а двигателю-генератору 26 - в режиме двигателя.

Как описано выше, регенеративный зарядный ток для зарядки батареи 50 порождается одновременно с выходным крутящим моментом выходного вала 34 при помощи токовой нагрузки, создаваемой модулями 40, 42 зарядного агрегата на соответствующих генераторах 26, 28, под управлением контроллера 70. Устройство двигателя 10 позволит подвести регенеративный зарядный ток к батарее 50, когда выходной вал 34 вращается либо с постоянной скоростью, либо с ускорением, либо с замедлением, вперед или назад. Достичь торможения двигателя 10 можно путем увеличения силы тока, поступающего на генератор 26 или 28. При торможении регенеративный зарядный ток для батареи 50 создается одновременно с тормозным усилием на выходном валу 34 в результате нагрузки одного из входных валов 30 или 32 соответствующим генератором 26 или 28.

Контроллер 70 зарядного агрегата может включать в себя вводы для управления остальными параметрами, такими как температура батареи 50, температура окружающей среды, температура двигателя 12, влажность окружающей среды. Данные параметры могут использоваться для оптимизации эффективности процессов преобразования энергии, связанных с функционированием двигателя 10.

Дифференциальный двигатель 10 может включать в себя электронный блок питания,

обозначенный на фиг. 2 ссылкой 92, который позволяет полностью зарядить батарею 50 или заменить электродвигатель 12 газовым, неэлектрическим, или двигателем, питающимся не от батареи, или тем, в котором источником электроэнергии является топливный бак, не способный аккумулировать электроэнергию, или в котором зарядные агрегаты 40, 42 заряжаются химическим способом, при помощи системы 400 электролиза воды, изображенной на фиг. 7, производящей водород и кислород. Электронный блок 92 питания включает в себя первый и второй модули управления электродвигателем, обозначенные соответственно ссылками 27 и 29. Первый модуль 27 управления электродвигателем соединен через линию управления с двигателем-генератором 26, второй модуль 29 управления электродвигателем подобным образом соединен через вторую линию управления с двигателем-генератором 28. Модуль 27 управления электродвигателем имеет вход 31 управления, соединенный с выходом 84 управляющего сигнала на контроллере 70. Модуль 27 управления электродвигателем также включает в себя вход 33 источника питания, соединенный с двигателем-генератором 26 и получающий электроэнергию от двигателя-генератора 26 на выходе С. Второй модуль 29 управления электродвигателем также имеет вход 35 управления, соединенный со вторым выходом 86 управляющего сигнала на контроллере 70, а также вход 37 источника питания, который получает электроэнергию от двигателя-генератора 28 на выходе D.

Под управлением контроллера 70 электронный блок 92 питания, то есть модули 27, 29 управления электродвигателем, управляет двигателями-генераторами 26, 28 в генераторном режиме и в режиме двигателя, причем один из двигателей-генераторов 26, 28 функционирует в качестве двигателя, а другой двигатель-генератор 26, 28 функционирует в качестве генератора. Например, если электронный блок 92 питания управляет первым двигателем-генератором 26 в генераторном режиме, а вторым двигателем-генератором 28 в режиме двигателя, то первый двигатель-генератор 26 нагружает вал 22/30 и обеспечивает источник электроэнергии. Электроэнергия, генерируемая двигателем-генератором 26, выводится на вход 33 источника питания первого модуля 27 управления электродвигателем. Первый модуль 27 управления электродвигателем направляет энергию от первого генератора 26 ко второму двигателю-генератору 28, функционирующему в качестве двигателя. Второй двигатель-генератор 28 управляется в направлении, которое создает дифференциальную скорость между двумя парами валов 22/30 и 24/32, которые, в свою очередь, создают соответствующее вращение выходного вала 34.

Предпочтительно, чтобы энергия, генерируемая двигателем-генератором 26, 28, функционирующим в качестве генератора под управ-

лением связанного модуля 27, 29 управления электродвигателем, питала второй двигатель-генератор 26, 28 и являлась, таким образом, источником энергии вращения для запитки выходного вала 34. Это, в результате, дает высокоэффективный механизм преобразования энергии. Для выполнения функции управления контроллеру 70 и модулям 27, 29 управления двигателем требуется некоторое количество энергии, имеющей "сигнальный уровень", поскольку выполнение данной функции не составляет существенных затрат энергии.

Предпочтительно, если контроллер 70 совместно с модулями 40, 42 зарядного агрегата имеет возможность управления электронным блоком 92 питания. Настоящее изобретение предусматривает, что это в дальнейшем позволит улучшить механизмы преобразования энергии, реализованные в дифференциальном двигателе 10. Например, запрограммированный определенным образом контроллер 70 может включить модули 40, 42 зарядного агрегата для осуществления загрузки соединенных пар валов 22/30, 24/32 (как описывается выше, для получения частоты вращения и результирующей ротации выходного вала 34), а при необходимости и зарядить батарею 50. После зарядки батареи 50 электронный блок 92 питания используется для управления двигателем-генератором 26, 28 в генераторном режиме и в режиме двигателя с целью порождения дифференциальной скорости между двумя парами валов 22/30 и 24/32, как описывается выше.

Ссылаясь вновь на фиг. 2, контроллер 70 может включать в себя высокоскоростную сетевую шину, обозначенную ссылкой 94. Данная высокоскоростная сетевая шина 94 включает в свой состав СЕТЬ ПОЛЯ УПРАВЛЕНИЯ или СПУ и обеспечивает канал связи для сообщаемого эксплуатационного состояния между многоэлементными дифференциальными двигателями 10. Например, если задние колеса (то есть нагрузка 36 на фиг. 2) соединяются для того, чтобы разносить дифференциальные электродвигатели, то шина 94 позволяет контроллерам 70 соответствующих двигателей 10 передавать соответствующее эксплуатационное состояние и параметры друг другу вместе с выходом поворотного монитора 96, связанного с каждым из дифференциальных электродвигателей 10. Поворотный монитор 96 соединяется с выходным валом 34 и измеряет радиус поворота, скорость вращения выходного вала 34 для отображения оптимальной дифференциальной скорости колеса, то есть нагрузки 36. Предпочтительно, чтобы высокоскоростное распределение операционной информации через шину 94 позволяло контроллерам 70 соответствующих дифференциальных электродвигателей 10 распределить данные о КПД, заданной скорости, выходной скорости и направленные данные,

которые могут в дальнейшем быть использованы для улучшения эксплуатационного КПД.

Еще один аспект настоящего изобретения предусматривает дифференциальный электродвигатель 10, как описывается выше, обеспечивающий четырехквadrантную интерполяцию. В результате нагрузки одного из входных валов 30 или 32 соответствующим генератором 26 или 28 выходной вал 34 вращает нагрузку в одном направлении с заданной скоростью, при этом скорость может быть уменьшена под полным контролем, путем снятия нагрузки с входного вала, например входного вала 30, нагруженного генератором 26, и одновременно с этим другой генератор 28 может создать нагрузку на другой входной вал 32, например, для создания регулируемой замедляющей силы, передающейся при помощи дифференциальной коробки передач 16 на выходной вал 34. Предпочтительно, чтобы данная структура представляла два квадранта управления. Ввиду того, что выходной вал 34 получает возможность вращаться в прямом и обратном направлении, структура двигателя 10 расширяется до четырехквadrантной ходовой системы управления. Предпочтительно, чтобы при установке электронного блока 92 питания дифференциальный электродвигатель 10 продолжал осуществлять четырехквadrантное управление движением.

Если нагрузка 36 соединяется с выходным валом 34, включающим в себя автомобильное колесо (или колеса), то величина крутящего момента, необходимая для поддержания заданной частоты вращения выходного вала 34, изменится и будет зависеть от нагрузки 36, например от уклона дороги, по которой перемещаются колеса автомобиля, от сопротивления автомобиля ветру и т.д. В этом и других приложениях желательно поддерживать необходимую скорость автомобиля, не зависящую от нагрузки 36 на выходном валу 34. Для сохранения постоянной скорости необходимо варьировать нагрузку, создаваемую нагружающим генератором 26 или 28 (в зависимости от направления вращения выходного вала 34), что позволит изменить крутящий момент, возникающий на выходном валу 34. Управление генераторами 26 или 28 может производиться для создания тормозящего действия. Например, если потребляемая мощность электрического тока первого генератора 26 уменьшается до нуля, то потребляемая мощность электрического тока посылается на второй генератор 28 для создания замедляющей или тормозной силы на выходном валу 34 с тем, чтобы сохранить скорость колеса/автомобиля, съезжающего с холма (или испытывающего нагрузку другого рода).

Устройство эпициклической трансмиссии 13, как описано выше, включает в себя два двигателя-генератора 26 и 28, создающих нагрузку. Два отдельных генератора 26 и 28 позволяют создавать крутящий момент на выходном валу

34 в двух направлениях. Если трансмиссия 13 включает в себя отдельный генератор 26 или 28 на одной паре выходных и входных валов, то трансмиссия 13 может создавать крутящий момент только в одном направлении. В данном случае сила, замедляющая вращение выходного вала 34, будет возникать в результате трения нагрузки 36, соединенной с выходным валом 34, а также благодаря силам трения внутри дифференциального двигателя 10, когда сила тока нагрузки в отдельном генераторе 26 понижается до нуля.

На фиг. 3(a) согласно настоящему изобретению график изображает зависимость характерного КПД от частоты вращения выходного вала дифференциального электродвигателя 10, а также на фиг. 3(b) график изображает зависимость характерного выходного крутящего момента от частоты вращения выходного вала дифференциального электродвигателя 10. Ссылаясь на фиг. 3(a), КПД дифференциального электродвигателя 10 на выходе является максимальным КПД двигателя 12 (когда контроллер 70 и 11 управляют двигателем 12 в точке пика эффективности, игнорируя любые потери в элементах 14, 16, 30, 70, 40, 42, 27 и 29, и может быть закономерным, что максимальный КПД электродвигателей находится в пределах от 80 до 100%), как в прямом (кривая E_F), так и в обратном направлении (кривая E_R). Ссылаясь на фиг. 3(b), желательно, чтобы дифференциальный электродвигатель 10 обеспечивал максимальный крутящий момент на выходе, прилагаемый к нагрузке (например, к колесу 36 на фиг. 2), на всех скоростях как в прямом (кривая T_F), так и в обратном направлении (кривая T_R).

Согласно другому аспекту настоящего изобретения выходной вал 22 и входной вал 30 включают в себя встроенные сильноточные проводники и образуют ротор асинхронного двигателя-генератора с короткозамкнутой обмоткой. Связанные друг с другом выходной 22 и входной 30 валы представляют собой ротор генератора 26 и обеспечивают работу асинхронного генератора с короткозамкнутой обмоткой. Подобным образом ротор второго двигателя-генератора 28 можно заменить путем соединения выходного вала 24 и входного вала 32 и формирования на валах 24 и 32 асинхронного двигателя-генератора с короткозамкнутой обмоткой.

Согласно еще одному аспекту настоящего изобретения устройство 50 накопления энергии на фиг. 2 может включать в себя другие виды устройств накопления энергии, отличных от батареи 50, таких как топливный бак, маховик с электроприводом, конденсатор высшего качества. При использовании маховика с электроприводом модули 40, 42 зарядного агрегата питают двигатели-генераторы, управляющие элементами/маховиком с тем, чтобы увеличивать частоту вращения и сохранять

энергию в форме кинетической энергии. Во время работы двигателей-генераторов в генераторном режиме накопленная энергия вновь из кинетической преобразуется в электрическую. Работа в генераторном режиме уменьшает кинетическую энергию, аккумулированную во вращающемся маховике, поскольку происходит замедление вращения данного маховика.

Если заменить батарею 50 топливным баком или водородным генератором, чтобы топливный бак имел возможность использовать водород, как показано на фиг. 7, то электроэнергия, генерируемая через модули 40, 42 зарядного агрегата, может применяться для создания эффективно обратимой химической реакции, путем получения вторичного топлива для топливного бака или для осуществления другого способа генерирования энергии. Например, если электроэнергия была использована для получения водорода (или другого пригодного для выработки энергии химиката), то топливный бак химическим путем может преобразовать данный водород в электричество. Предпочтительно, чтобы продуктом отхода топливного бака являлась вода, которая может обновляться, хотя очевидно, что такой восстановительный цикл не будет иметь 100% эффективности. В качестве альтернативного варианта, электроэнергия может использоваться для создания химической энергии, которая производит горючее, необходимое для механического преобразования энергии, такое, как в двигателе газового типа. Также водород, полученный в результате вышеуказанного процесса, может применяться в газовом двигателе, где он проходит через воздухозаборник, что позволяет увеличить КПД двигателя, повысить выходную мощность и понизить токсичность.

Согласно настоящему изобретению на фиг. 4 изображен вариант дифференциального двигателя. Как показано на фиг. 4, двигатели-генераторы 26, 28 и регенеративная цепь 15 зарядного тока заменяются системой механической нагрузки и накопления энергии, обозначенной, главным образом, ссылкой 300. Система механической нагрузки 300 включает в себя накопитель 302 механического маховика, соединенный с валами 22/30, 24/32 при помощи соответствующих механических муфт 304 и 306. Накопитель может включать в себя отдельный механический маховик, как изображено на фиг. 4, механический маховик 308 для первой пары валов 22/30 и механический маховик 310 для второй пары валов 24/32. Механическое соединение может включать в себя механические устройства (например, шестерни и приводы вала) или, в качестве альтернативы, магнитные устройства или гидравлические муфты.

В другом варианте дифференциального двигателя, изображенном на фиг. 5, двигатели-генераторы 26, 28 не связаны с регенеративной цепью 15 зарядного тока или другим видом уст-

ройства накопления энергии. Вместо этого, один из двигателей-генераторов 26, 28 присоединяется к электрической нагрузке 320, регулируемой контроллером 70. Электрическая нагрузка 320 может включать в себя резистор с электронным управлением или переменный электрический импульс малой длительности (например, модулируемую длительность импульса). Контроллер 70 осуществляет управление электрической нагрузкой 320, подавая необходимые сигналы управления для изменения нагрузки на пары валов 22/30 или 24/32, базирующейся на фактической и желаемой частотах вращения выходного вала 34 (как более подробно описано выше). Еще один вариант дифференциального двигателя предусматривает, что нагрузка пары валов может осуществляться механическим способом, например при помощи тормозного, фрикционного 322 (обведенного пунктиром на фиг. 5) или гидравлического механизма. Контроллер 70 осуществляет управление работой механической нагрузки 322. Предпочтительно, чтобы используемая энергия не возмещалась, если устройства нагрузки подобного рода оперативно создают дифференциальную скорость между парами валов 22/30, 24/32.

На фиг. 6 изображен другой вариант осуществления дифференциального двигателя в соответствии с настоящим изобретением, который обозначен, главным образом, ссылкой 100. Дифференциальный двигатель 100, изображенный на фиг. 6, включает в себя газовый двигатель 110 или другой источник вращательного движения, выходной вал 111, который создает выходной крутящий момент. Газовый двигатель 110 используется в качестве вспомогательного двигателя и может дополнять или заменять, временно или постоянно, крутящий момент, создаваемый одиночным электродвигателем 12. Одиночный электродвигатель 12, как приводится выше со ссылкой на фиг. 2, имеет выходной вал 20, который также создает выходной крутящий момент.

Помимо электродвигателя 12 и газового двигателя дифференциальный двигатель 100 включает в себя дифференциальную коробку 112 передач, эпициклическую трансмиссию 13 (согласно описанию фиг. 2, приведенному выше) и регенеративную цепь 15 зарядного тока (согласно описанию фиг. 2, приведенному выше). Дифференциальная коробка 112 передач имеет первый 114, второй 116 входные валы и выходной вал 118. Первый входной вал 114 соединен с выходным валом 20 электродвигателя 12, аналогично этому, второй входной вал 116 соединен с выходным валом 111 газового двигателя 110. Внутри эпициклической трансмиссии 13 выходной вал 118 дифференциальной коробки 112 передач соединен с входным валом 21 дифференциальной коробки 14 передач (фиг. 2). Выходной крутящий момент дифференциального двигателя 100 создается на выходном валу

34, который может вращаться в двух направлениях, обозначенных стрелкой 35.

В дифференциальной коробке 112 передач входные валы 114, 116 и выходной вал 118 вращаются с одинаковой скоростью. Выходной вал 118 передает выходной крутящий момент эпициклической трансмиссии 13, равно как и выходному валу 20 электродвигателя 12 согласно описанию фиг. 2. В дифференциальном двигателе 100 соотношение частоты вращения выходного вала 111 газового двигателя 110 к частоте вращения выходного вала 118 дифференциальной коробки 112 передач может отличаться от соотношения 1:1, что позволяет повышать или понижать эффективную скорость газового двигателя 110. Повышая или понижая эффективную скорость газового двигателя 110, можно заставить выходной вал 118 вращаться со скоростью, равной скорости выходного вала 20 электродвигателя 12.

Структура, изображенная на фиг. 6, предусматривающая совместное использование газового двигателя 110 и электродвигателя 12, позволяет оптимизировать КПД всего дифференциального двигателя 100. Если дифференциальный электродвигатель 100 генерирует большее количество энергии, чем то, что теряется из-за низкой эффективности нагрузки, соединенной с выходным валом 34, то газовый двигатель 110 создает дополнительный входной крутящий момент, способствующий подаче регенеративного зарядного тока к батарее, в результате чего может возникнуть чистый прирост энергии, накопленной в батарее 50. Другой аспект предусматривает газовый двигатель 110, который может использоваться в качестве единственного источника крутящего момента для пуска эпициклической трансмиссии 13, а также для зарядки батареи 50 при помощи регенеративной цепи 15 зарядного тока, которая включает в себя работу зарядной системы при наличии заряженной батареи или системы, не имеющей батареи, что позволит запитать вращательные электроприводы 27, 29 или как было описано выше. Управление системой, включающей в себя только один газовый двигатель 110, осуществляется для создания наиболее производительной (то есть в точке максимальной эффективности) скорости вращения данного двигателя, варьирующейся в незначительных пределах, которая позволит поддерживать максимальный КПД работы двигателя в условиях меняющихся нагрузок.

Настоящее изобретение может быть осуществлено в других специфических формах без отступления от сущности или основных технических признаков изобретения. Для специалистов в данной области техники представляется очевидным, что возможны различные усовершенствования и модификации настоящего изобретения. Следовательно, представленные варианты осуществления изобретения должны иметь

пояснительный, а не ограничительный характер, объем настоящего изобретения раскрывается более точно в прилагаемой формуле, чем в предшествующем описании, и все изменения, которые попадают под сущность и эквивалентность формулы изобретения, следовательно, должны быть рассмотрены, как охватываемые данным изобретением.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Дифференциальный двигатель с изменяемым выходным крутящим моментом, включающий в себя

(а) двигатель, вращающий выходной вал с определенной частотой и сообщающий входной крутящий момент выходному валу;

(b) каскад преобразования крутящего момента, соединенный с двигателем, с целью преобразования входного крутящего момента в крутящий момент вала с выходным приводом для соединения с нагрузкой;

(с) где каскад преобразования крутящего момента включает в себя первый дифференциальный усилительный каскад с входным валом, связанным с выходным валом двигателя, и первый дифференциальный усилительный каскад имеет передаточный механизм, предназначенный для передачи крутящего момента от входного вала к первому и второму выходным валам, и вышеупомянутый передаточный механизм вращает каждый из выходных валов с одинаковой скоростью, но в противоположном направлении;

(d) где каскад преобразования крутящего момента включает в себя второй дифференциальный усилительный каскад, причем второй дифференциальный усилительный каскад имеет первый входной вал, связанный с первым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, и вторым входным валом, связанным со вторым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, и включает в себя передаточный механизм, необходимый для придания крутящего момента валу с выходным приводом, при наличии разности частот вращения первого и второго входных валов второго дифференциального усилительного каскада;

(е) механизм нагрузки, соединенный с одним из входных валов второго дифференциального усилительного каскада, при этом механизм нагрузки выполнен с возможностью реагирования на управляющий входной сигнал для нагрузки входного вала с целью изменения частоты вращения соответствующего входного вала.

2. Дифференциальный двигатель по п.1, в котором двигатель содержит электродвигатель, а электродвигатель включает в себя контроллер постоянных оборотов, который обеспечивает работу электродвигателя с постоянной частотой вращения в заданном направлении.

3. Дифференциальный двигатель по п.2, в котором механизм нагрузки содержит электрогенератор, имеющий ротор, один конец ротора соединен с выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а другой конец ротора соединен с входным валом второго дифференциального усилительного каскада, и механизм нагрузки включает в себя нагрузку, способную потреблять ток от вышеупомянутого электрогенератора в ответ на управляющий входной сигнал.

4. Дифференциальный двигатель по п.3, в котором нагрузка содержит зарядную цепь батареи и аккумулятор, при этом зарядная цепь батареи способна реагировать на управляющий входной сигнал для получения регенеративного зарядного тока с целью зарядки батареи, а также батарею, соединенную с электродвигателем для снабжения накопителя энергией.

5. Дифференциальный двигатель по п.4, кроме того, включающий в себя второй электрогенератор, имеющий ротор, один конец ротора соединен с другим выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а другой конец ротора соединен с другим входным валом второго дифференциального усилительного каскада, и генератор, производящий выходной сигнал в ответ на крутящий момент, который прилагают к ротору входной и выходной валы.

6. Дифференциальный двигатель по п.5, кроме того, включающий в себя вторую зарядную цепь батареи, при этом вход второй зарядной цепи батареи соединен с выходом второго генератора и вторая зарядная цепь батареи способна реагировать на управляющий входной сигнал для создания регенеративного зарядного тока с целью зарядки батареи.

7. Дифференциальный двигатель по п.3, в котором выходной вал первого дифференциального усилительного каскада и входной вал второго дифференциального усилительного каскада соединены вместе и выходной и входной валы включают в себя встроенную асинхронную короткозамкнутую обмотку и составляют ротор электрогенератора.

8. Дифференциальный двигатель по п.3, в котором нагрузка включает в себя переменную активную электрическую нагрузку, при этом переменная активная электрическая нагрузка способна реагировать на управляющий входной сигнал для изменения прилагаемой нагрузки.

9. Дифференциальный двигатель по п.3, в котором нагрузка включает в себя электролитический химический каскад.

10. Дифференциальный двигатель по п.1, в котором механизм нагрузки содержит механическое тормозное устройство, соединенное с одним из входных валов второго дифференциального усилительного каскада, и вышеупомянутое механическое тормозное устройство способно реагировать на управляющий входной

сигнал для регулирования тормозной нагрузки, приложенной на входной вал.

11. Дифференциальный двигатель по п.2, кроме того, включающий в себя приводной механизм, соединенный с другим из входных валов второго дифференциального усилительного каскада, при этом приводной механизм способен реагировать на управляющий входной сигнал с целью создания вращения входного вала с различной частотой.

12. Дифференциальный двигатель по п.11, в котором механизм нагрузки включает в себя электрогенератор, имеющий ротор, один конец ротора соединен с выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а другой конец ротора соединен с входным валом второго дифференциального усилительного каскада, и электрогенератор имеет выход для присоединения к нагрузке, способной получать ток от электрогенератора в ответ на управляющий входной сигнал.

13. Дифференциальный двигатель по п.12, в котором приводной механизм включает в себя электродвигатель, имеющий ротор, один конец ротора соединен с выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а другой конец ротора соединен с входным валом второго дифференциального усилительного каскада, и электродвигатель имеет вход для соединения с выходом электрогенератора и получает ток от электрогенератора в ответ на входной сигнал управления приводом.

14. Дифференциальный двигатель по п.13, кроме того, включающий в себя контроллер для создания управляющего входного сигнала и входного сигнала управления приводом, при этом контроллер имеет модуль управления генератором, соединенный с электрогенератором и способный реагировать на управляющий входной сигнал для оказания нагрузки на входной вал, и контроллер включает в себя модуль управления двигателем, соединенный с электродвигателем и реагирующий на входной сигнал управления приводом для обеспечения работы электродвигателя с целью создания вращения другого входного вала, и вышеупомянутый контроллер включает в себя датчик скорости, соединенный с валом выходного привода для определения частоты вращения вала выходного привода.

15. Дифференциальный двигатель по п.14, в котором контроллер, кроме того, включает сетевую коммуникационную шину, обеспечивающую взаимодействие с другим дифференциальным двигателем.

16. Дифференциальный двигатель по п.14, в котором контроллер, кроме того, содержит датчик крутящего момента, соединенный с валом выходного привода для определения крутящего момента вала выходного привода.

17. Дифференциальный двигатель по п.2, кроме того, включающий входной каскад и вто-

рой двигатель для управления выходным валом двигателя, причем входной каскад имеет первый входной вал, соединенный с выходным валом первого двигателя, второй входной вал, соединенный с выходным валом второго двигателя, и входной каскад имеет выходной вал, соединенный с входным валом первого дифференциального усилительного каскада, и входной каскад включает в себя передаточный механизм, предназначенный для передачи крутящего момента от выходного вала двигателя и выходного вала к выходному валу входного каскада, и выходной вал двигателя, который позволит вышеупомянутому второму двигателю вращаться в том же направлении, что и выходной вал первого двигателя.

18. Дифференциальный двигатель по п.17, в котором первый двигатель содержит электродвигатель и второй двигатель включает в себя бензиновый двигатель, электродвигатель включает в себя контроллер постоянных оборотов, который обеспечивает работу электродвигателя с постоянной частотой вращения в заданном направлении.

19. Дифференциальный двигатель по п.18, в котором механизм нагрузки включает электрогенератор, имеющий ротор, один конец ротора соединен с выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а другой конец ротора соединен с входным валом второго дифференциального усилительного каскада, и механизм нагрузки включает нагрузку, способную получать ток от электрогенератора в ответ на управляющий входной сигнал.

20. Дифференциальный двигатель по п.19, в котором нагрузка включает в себя зарядную цепь батареи и аккумулятор, причем зарядная цепь батареи реагирует на управляющий входной сигнал в целях создания регенеративного зарядного тока для зарядки аккумулятора и батарея соединена с электродвигателем для снабжения энергией устройства накопления энергии.

21. Дифференциальный двигатель с изменяемым выходным крутящим моментом, содержащий

(а) двигатель, который задает вращение выходного вала с постоянной частотой в заранее заданном направлении;

(b) каскад передачи, имеющий входной вал и вал выходного привода для управления нагрузкой, при этом входной вал соединен с выходным валом двигателя;

(с) регенеративный зарядный каскад, имеющий вход для получения энергии от каскада передачи и осуществляющий зарядку устройства накопления энергии;

(d) причем каскад передачи содержит первый и второй дифференциальные усилительные каскады, первый дифференциальный усилительный каскад имеет привод, соединенный с входным валом, второй дифференциальный усилительный каскад имеет привод, соединен-

ный с валом выходного привода, а также привод первого дифференциального усилительного каскада соединен с приводом второго дифференциального усилительного каскада при помощи первого и второго дифференциальных валов, вращающихся в противоположных направлениях с одинаковой скоростью;

(е) каскад передачи, включающий в себя генератор, соединенный с одним из дифференциальных валов, генератор способен реагировать на управляющий входной сигнал для генерирования выходной мощности, необходимой для регенеративного зарядного каскада, работа генератора нагружает дифференциальные валы и придает разность в их скорости, и привод второго дифференциального усилительного каскада передает эту разность крутящему моменту вала выходного привода.

22. Дифференциальный двигатель с изменяемым выходным крутящим моментом, содержащий

(а) первый двигатель для управления вращением выходного вала и создания входного крутящего момента выходного вала;

(b) второй двигатель для управления вращением выходного вала электродвигателя в одинаковом направлении с выходным валом первого двигателя;

(с) каскад преобразования крутящего момента, соединенный с мотором с целью преобразования входного крутящего момента от первого и второго двигателей в крутящий момент вала выходного привода для соединения с нагрузкой;

(d) при этом каскад преобразования крутящего момента включает в себя первый дифференциальный усилительный каскад с входным валом, первый дифференциальный усилительный каскад имеет передаточный механизм, предназначенный для передачи крутящего момента от входного вала к первому и второму выходным валам, а также передаточный механизм управляет каждым из выходных валов, вращающихся с одинаковой скоростью, но в противоположных направлениях;

(е) каскад преобразования крутящего момента включает в себя второй дифференциальный усилительный каскад, имеющий первый входной вал, соединенный с первым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, и второй входной вал, соединенный с вторым выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а также включает в себя передаточный механизм, предназначенный для создания крутящего момента на валу выходного привода при возникновении разности частот вращения первого и второго входных валов второго дифференциального усилительного каскада;

(f) входной каскад, имеющий первый входной вал, соединенный с выходным валом первого двигателя, и второй входной вал, со-

единенный с выходным валом второго двигателя, и входной каскад имеет выходной вал, соединенный с входным валом первого дифференциального каскада, и входной каскад включает в себя передаточный механизм, предназначенный для передачи крутящего момента от выходного вала двигателя и выходного вала к выходному валу входного каскада;

(g) механизм нагрузки, причем механизм нагрузки соединен с одним из входных валов второго дифференциального усилительного каскада, реагирует на управляющий входной сигнал с целью нагрузки входного вала для изменения частоты вращения соответствующего выходного вала.

23. Дифференциальный двигатель по п.22, в котором первый двигатель содержит электродвигатель, и второй двигатель содержит бензиновый двигатель, и электродвигатель включает в себя контроллер постоянных оборотов, обеспечивающий работу электродвигателя с постоянной частотой вращения в заданном направлении.

24. Дифференциальный двигатель по п.23, в котором механизм нагрузки включает в себя электрогенератор, имеющий ротор, один конец ротора соединен с выходным валом первого дифференциального усилительного каскада, а другой конец ротора соединен с входным валом второго дифференциального усилительного каскада, и нагрузку, способную получать ток от электрогенератора в ответ на управляющий входной сигнал.

25. Дифференциальный двигатель по п.24, в котором нагрузка включает в себя зарядную цепь батареи и аккумуляторную батарею, причем зарядная цепь батареи реагирует на управляющий входной сигнал для создания регенеративного зарядного тока для зарядки батареи и батарея соединена с электродвигателем для снабжения энергией устройства накопления энергии.



